

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE



**NÁVRH REVITALIZAČNÍCH OPATŘENÍ V POVODÍ
SLUBICE NA PODKLADĚ
EKOHYDROMORFOLOGICKÉHO PRŮZKUMU**

PROPOSAL OF RESTORATION MEASURES IN SLUBICE RIVER BASIN
BASED ON ECOHYDROMORPHOLOGICAL SURVEY

diplomová práce

Kateřina Šmerousová

Vedoucí práce: RNDr. Milada Matoušková, Ph.D.

Praha 2010

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Miladě Matouškové, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a cenné připomínky při jejím zpracování. Dále bych chtěla poděkovat za vstřícný přístup Ing. Miloši Rozkošnému, Ph.D. a za věcné připomínky Ing. Tomáši Justovi. V neposlední řadě bych ráda poděkovala rodičům a manželovi za pomoc při terénních měřeních a podporu ve studiu.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

V Praze, dne 10. 8. 2010

Kateřina Šmerusová

ABSTRACT

Tato diplomová práce se zabývá ekohydrologickým stavem vodních toků, jakožto reakce habitatu vodních toků na vysokou míru využívání, regulace a další formy modifikace (protipovodňová ochrana, přehrazování, revitalizace vodních toků, klimatické změny či rozšíření nepůvodních druhů), a vodohospodářskými revitalizacemi za účelem odstranění nebo zmírnění negativních důsledků úprav vodních toků a zlepšení jejich ekologické funkce v krajině. V zájmovém povodí Slubice na území CHKO Žďárské vrchy byl proveden terénní průzkum na základě aplikace ekomorfologických metod EcoRivHab a HEM. Na podkladě zjištěné antropogenní upravenosti říční sítě, kvality vody, hydrologických poměrů, definování referenčních podmínek, vyhodnocení změn délky a tvaru říční sítě pomocí historických map a výsledků ekomorfologického průzkumu v zájmovém území byly identifikovány oblasti vyžadující obnovu a navržena vhodná revitalizační opatření za účelem zlepšení ekologického stavu vodních toků a dosažení „dobrého ekologického stavu“ ve smyslu požadavků a cílů WFD.

This diploma thesis deals with ecohydrological state of the streams as an answer river habitat quality to exploitation, regulation and otherwise modification (flood-defence engineering, impoundment, river restoration, climate change or the spread of alien species), and with revitalization of water bodies for the purpose of elimination and mitigation of the negative consequences river ecosystem modification and improvement of ecological function river ecosystems in landscape. Focus is on the Slubice river basin in Landscape Protected Area Žďárské vrchy where field survey ecomorphological methods EcoRivHab a HEM was applied. On the basis of the obtained outputs antropogenic transformation of the river network, water quality, hydrological condition, definition of the reference state and assessment of the river patterns and changes of the length on the basis of the historical maps and ecomorphological survey outputs in the area of interest strongly antropogenic changed watercourse reaches was identified which require restoration and suitable restoration measures was proposed to the purpose of WFD goals attaining.

OBSAH:

1. ÚVOD, CÍLE PRÁCE	6
2. EKOHYDROLOGICKÝ STAV VODNÍCH TOKŮ A REVITALIZACE	8
2.1 HISTORIE ÚPRAV VODNÍCH TOKŮ	8
2.2 EKOHYDROLOGIE ANEB BUDOUCNOST VODNÍCH TOKŮ	9
2.3 EKOHYDROLOGICKÉ HODNOCENÍ VODNÍCH TOKŮ	10
2.3.1. <i>Legislativní nástroje a ekohydrologické hodnotící přístupy.....</i>	<i>11</i>
2.4 REVITALIZACE ŘÍČNÍCH EKOSYSTÉMŮ	15
2.4.1 <i>Definice a základní principy.....</i>	<i>15</i>
2.4.2 <i>Zásady úspěšné revitalizace aneb referenční stav vodních toků</i>	<i>17</i>
2.4.3 <i>Hodnocení úspěšnosti revitalizací vodních toků</i>	<i>24</i>
2.4.4 <i>Výsledky průzkumu vlivu revitalizace na ekologický stav vybraných malých vodních toků... ..</i>	<i>28</i>
2.5 MRTVÉ DŘEVO VE VODNÍCH TOCÍCH.....	36
2.5.1 <i>Funkce a význam</i>	<i>37</i>
2.5.2 <i>Příklady aplikace výzkumu mrtvého dřeva ve střední Evropě.....</i>	<i>38</i>
3. ZDROJE DAT A APLIKOVANÉ METODY	40
3.1 ZMĚNY DÉLKY A TVARU ŘÍČNÍ SÍTĚ	40
3.2 EKOMORFOLOGICKÉ HODNOCENÍ - HEM A ECO RIV HAB	41
4. GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ SLUBICE	45
4.1 PŘÍRODNÍ POMĚRY	45
4.2 HYDROGRAFICKÁ A HYDROLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA	47
4.3 OCHRANA PŘÍRODY	49
4.4 VYUŽITÍ ÚZEMÍ	54
4.5 ANTROPOGENNÍ UPRAVENOST ŘÍČNÍ SÍTĚ	55
4.6 SOCIOEKONOMICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ A ZJIŠTĚNÉ ZNEČIŠTĚNÍ.....	56
4.7 KVALITA VODY	59
4.7.1 <i>Charakteristika odběrových profilů</i>	<i>60</i>
4.7.2 <i>Odběry a zpracování vzorků</i>	<i>62</i>
4.7.3 <i>Měření průtoků.....</i>	<i>62</i>
4.7.4 <i>Výsledky chemických rozborů vybraných parametrů</i>	<i>63</i>
5. HYDROEKOLOGICKÝ MONITORING (HEM) V POVODÍ SLUBICE	67
5.1 ROZVRŽENÍ ÚSEKŮ, MONITORING A ZPRACOVÁNÍ DAT	67
5.2 HODNOCENÍ HYDROMORFOLOGICKÉHO STAVU JEDNOTLIVÝCH ZÓN	69
5.2.1 <i>Koryto a trasa toku.....</i>	<i>69</i>
5.2.2 <i>Dno</i>	<i>71</i>
5.2.3 <i>Břeh a inundační území</i>	<i>73</i>
5.2.4 <i>Proudění a hydrologický režim</i>	<i>75</i>
5.3 CELKOVÝ HYDROMORFOLOGICKÝ STAV TOKU SLUBICE.....	77
5.4 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MAPOVÁNÍ METODAMI ECO RIV HAB A HEM	80
5.4.1 <i>Výhody a nevýhody praktického použití obou metod.....</i>	<i>83</i>
6. VYHODNOCENÍ ZMĚNY DÉLKY A TVARU ŘÍČNÍ SÍTĚ V POVODÍ	85
6.1 HODNOCENÍ ZMĚN ŘÍČNÍ SÍTĚ NA PODKLADĚ KATASTRÁLNÍCH MAP	85
6.1.1 <i>Vyhodnocení změn říční sítě</i>	<i>88</i>
7. REVITALIZAČNÍ OPATŘENÍ V POVODÍ SLUBICE	93
7.1 VÝBĚR LOKALIT	93
7.2 ZDŮVODNĚNÍ POTŘEBY A VYMEZENÍ CÍLŮ REVITALIZACE	96
7.3 REFERENČNÍ STAV JAKO PŘEDLOHA PRO NAVRHOVANÁ OPATŘENÍ	102
7.3.1 <i>Rozvaha o morfologickém typu koryta.....</i>	<i>102</i>
7.3.2 <i>Referenční stav pro lokalitu REV 1.....</i>	<i>103</i>
7.3.3 <i>Referenční stav pro lokalitu REV 2.....</i>	<i>105</i>
7.4 METODIKA NÁVRHU	107
7.5 NÁVRH TRASY KORYTA, MAJETKOPRÁVNÍ POMĚRY	109
7.6 NÁVRH VZOROVÉHO PŘÍČNÉHO PRŮŘEZU A KAPACITY NOVÉHO KORYTA.....	113
7.7 NÁVRH DETAILŮ TVAROVÁNÍ KORYTA	117
7.8 NÁVRH OZELENĚNÍ	120
7.9 TECHNICKÉ PROVEDENÍ	122

8. SHRnutí VÝSLEDKŮ	125
9. DISKUZE	129
10. ZÁVĚR	131
11. LITERATURA A ZDROJE	133
12. SEZNAM GRAFICKÝCH PRVKŮ V TEXTU	138
13. PŘÍLOHY	141

1. ÚVOD, CÍLE PRÁCE

Zejména v posledních dvou staletích nárůst využívání vodních toků a jejich regulace za účelem plavby a protipovodňových opatření či odvodňování zamokřených niv a kanalizování koryt s cílem co nejrychlejšího odvedení vody z krajiny při jejím současném maximálním využití s myšlenkou, že samočistící schopnost toku se vyrovná se vším, z niv vodních toků postupně zmizela jejich ekologická přirozenost a nedotčenost. V druhé polovině 20. století vyvrcholila degradace říčních systémů natolik, že řeky a potoky představovaly spíše stoky odvádějící odpadní vody (Leuven, Nienhuis, 2001). Ve srovnání s tímto alarmujícím stavem se kvalita vody v tocích ve státech EU výrazně zlepšila, totéž však nelze říci o ekologickém stavu vodních toků a jejich celkovém oživení. Od 90. let minulého století tak vyvstala potřeba hodnocení říčního ekosystému jako celku, zhodnocení oblastí zasluhujících ochranu i oblastí vyžadujících obnovu (Matoušková, 2003), jež dala vzniknout ekohydrologii, disciplíně na pomezí hydrologie, fluvialní geomorfologie a ekologie, jejíž význam v souvislosti s globálními environmentálními změnami a stále se zvyšujícím antropogenním tlakem na vodní ekosystémy stále roste a stává se aktuálnější. Snahy o změnu vyvrcholily ve státech EU vydáním Rámcové směrnice pro vodní politiku (ES, 2000), k plnění jejích cílů se Česká republika se vstupem do EU zavázala.

Aplikací principů ekohydrologie se stala snaha o „zotavení“ degradovaných, poškozených nebo zničených malých i velkých vodních toků – vodohospodářské revitalizace. Revitalizace ekosystému znamená zejména obnovení jeho ekologických funkcí v krajině tak, aby bylo možné samovolné pokračování jeho dalšího vývoje.

Předkládaná práce se zabývá hodnocením ekohydrologického stavu vodního toku Slubice jakožto odezvy habitatu vodního toku na antropogenní ovlivnění říční sítě. Zájmový vodní tok byl vybrán CHKO Žďárské vrchy, jejímž územím celý tok protéká, v létě 2007, jako rozmanitý vodní ekosystém se značně poškozenými úseky, jejichž stav je zájem zlepšit, střídanými úseky přírodními, jež je třeba chránit. Předkládaná práce navazuje na zhodnocení antropogenní upravenosti říční sítě a zhodnocení ekomorfologického stavu vodních toků v povodí Slubice provedené v bakalářské práci (Kujanová, 2008) na základě metody EcoRivHab (Matoušková 2003, 2007) zhodnocením využití území, analýzou pravidelného měření průtoků a vyhodnocování kvality vody na 6 vybraných profilech. Jedním z cílů práce je i vyhodnocení hydromorfologického stavu toku Slubice aplikací nové metody pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků HEM – Hydroekologický monitoring (Langhammer, 2007b, 2008) akceptované MŽP ČR a porovnání získaných výsledků s výstupy získanými na základě metody EcoRivHab. Součástí práce je vyhodnocení změn délky a tvaru říční sítě v povodí Slubice porovnáním map císařského povinného otisku stabilního katastru Čech v měřítku 1 : 2 880 s mapami současného katastru nemovitostí.

Hlavním cílem předkládané práce je návrh revitalizačních opatření ve dvou vybraných lokalitách v rámci toku Slubice (kapitola 7) na podkladě všech informací zjištěných v předchozích částech práce. Tato kapitola obsahuje zdůvodnění výběru právě těchto dvou lokalit a vymezení hlavních cílů revitalizace, definování referenčního stavu pro obě lokality, návrh trasy nového koryta při posouzení majetkoprávních poměrů, návrh kapacity koryta a detailů jeho tvarování, návrh ozelenění a naložení s technickými objekty na toku v průběhu realizace revitalizačních opatření.

2. EKOHYDROLOGICKÝ STAV VODNÍCH TOKŮ A REVITALIZACE

2.1 HISTORIE ÚPRAV VODNÍCH TOKŮ

Již více než 6000 let pozměňuje člověk řeky technickými opatřeními, znečištěním, nadměrnými odběry a neefektivním hospodařením. V Evropě je zásobování vodou doprovázené konstrukcemi náspů a hrází a odvodňování půdy realizováno již 3200 let, intenzivní užívání evropských řek člověkem začalo před více než 500 lety. Z povodí postupně zmizela jejich přirozenost a ekologická nedotčenost, řeky byly kanalizovány za účely plavby a regulovány hrázemi. S cílem ovládnout vodní zdroje byl prostor údolní nivy „zkultivován“ pro účely zástavby a průmyslu a s řekami bylo zacházeno jako s kanalizačními stokami odvádějícími odpadní a drenážní vody z urbanizovaného prostředí (Leuven, Nienhuis, 2001). Kontinuální nárůst užívání vody pro domácnosti, průmysl, zemědělství a hydroelektrárny vedl ke stále větší regulaci řek, odběrům vody a převádění vody mezi povodími (Wade et. al., 2000). Degradace řek v Evropě vyvrcholila v 2. polovině 20. století. Téměř 80 % z celkového odtoku hlavních evropských řek je více nebo méně ovlivněno regulačními opatřeními, v UK je to až 90 % řek, v Nizozemsku dokonce téměř 100 %. Radikální regulační opatření však i přes uplatňování nových revitalizačních přístupů v Evropě stále zcela nevymizela. Ve střední Evropě se stále plánují nové a komplikované projekty vodních cest (Leuven, Nienhuis, 2001).

Současná poměrně vysoká míra regulace drobných i velkých vodních toků v Česku je výsledkem úprav v krajině již od středověku, zejména však v posledních několika staletích. Realizace úprav koryt vodních toků jsou známy již za vlády Karla IV. na Labi a Vltavě pro zlepšení splavnosti ve vybraných úsecích. K rozvoji výstavby nových kanálů došlo v souvislosti s rozmachem rybníkářství v 15. a 16. století, tyto historické úpravy jsou však dnes chápány pozitivně jako nedílná součást naší krajiny (Matoušková, 2003). První etapa novodobých rozsáhlých technických úprav přišla po několika významných povodních na konci 19. století. S rozvojem sídel a industrializace zasáhly regulace nejprve významné toky v nížinných oblastech. Jednalo se o rozsáhlé protipovodňové regulace, zejména o zkapacitnění koryt a rychlé odvedení vody z měst (např. Plzeň), i o regulace velkého množství drobných vodních toků v souvislosti s tzv. melioračním zákonem z roku 1884 a pozemkovou reformou z let 1919 – 1935. V období socialistické kolektivizace zemědělství vyvstala snaha využít k pěstování plodin i méně vhodných pozemků, která vedla k úpravám obrovského množství drobných vodních toků a velkoplošnému odvodňování zemědělských ploch. V důsledku průmyslové a důlní činnosti docházelo v 2. polovině 20. století také k překládání či zatrubňování koryt i významných toků, např. Bílina (Langhammer, 2007a).

Současná míra upravenosti říční sítě je stejně jako ve většině vyspělých zemí Evropy i v Česku vysoká – 28,4 %. Intenzita a charakter upravenosti říční sítě se v jednotlivých povodích

významně liší, i přesto se však promítá do celkového ovlivnění odtokového procesu a retenční schopnosti krajiny (Langhammer, 2007a).

2.2 EKOHYDROLOGIE ANEB BUDOUCNOST VODNÍCH TOKŮ

V minulosti se „kvalita“ vodních toků odvíjela pouze od chemické analýzy, resp. znečištění vody. Nárůst využívání, regulace a ostatní formy modifikace vodních toků jako protipovodňová ochrana, přehrazování či revitalizace vodních toků, klimatické změny a rozšíření nepůvodních druhů, si vyžádaly potřebu porozumět ekologickým dopadům na široké spektrum změn habitatu vodních toků (Vaughan et al., 2009). Potřeba komplexnějšího pohledu na říční ekosystémy, zhodnocení oblastí zasluhujících ochranu i oblastí vyžadujících obnovu, dala vzniknout ekohydrologii, disciplíně na pomezí hydrologie, fluvialní geomorfologie a ekologie. Často citovanou definicí ekohydrologie podle Hannah et al. (2004) je definice, kterou pro UNESCO International Hydrological Programme vytvořil Zalewski et al. v roce 1997 - ekohydrologie studuje vzájemné funkční vztahy mezi hydrologií a biotou v měřítku povodí. Význam ekohydrologie v souvislosti s globálními environmentálními změnami a stále se zvyšujícím antropogenním tlakem na vodní ekosystémy stále roste a stává se aktuálnější.

Mezi aktuální témata ekohydrologického výzkumu patří citlivost ekosystému na hydrologické změny (nízké vodní stavy či vláhový deficit půdy), které vyvolávají disturbance vodního prostředí, zejména změny ve struktuře a fungování ekosystému. Důležitým tématem jsou i disturbance jako povodně či sucho, které nastávají jako důsledek odchylek klimatu. V rámci disturbance je třeba se zaměřit na kvantifikaci jejich variability, porozumění příčinám disturbance z hlediska hydrologie, jejich ekologickému efektu a zpětným vazbám, a předpovídání scénářů disturbance v souvislosti se změnami klimatu a rostoucími antropogenními vlivy. Aktuální je také otázka propojení akvatických a suchozemských ekosystémů. Rovnováha mezi organickým materiálem přicházejícím z pramenné oblasti i inundačního území je důležitá pro energetické procesy, klíčová je zejména vzájemná interakce říčního ekosystému a krajiny a ovlivňování procesů ekosystému. Vedle dat získaných pravidelným monitoringem, hydrologickými a ekologickými daty dlouhodobého monitoringu (zejména změny vodních společenstev v souvislosti s antropogenním působením a přirozenou variabilitou), je třeba se zaměřit také na paleoekologické studie (množství paleolimnologických výzkumů odvolávající se na fosilní organismy, z jejichž záznamu je možné porozumět vývoji ekohydrologické variability z dlouhodobého časového hlediska). Z hlediska aplikované ekohydrologie je důležitá především spolupráce vědců, praktiků a investorů zajišťující rovnováhu mezi managementem, ochranou a zvyšováním hodnoty ekosystému např. pomocí revitalizace prostředí jakožto jedné z nejlépe patrných pozitivních změn (Hannah et al., 2007).

Podle Vaughana et al. (2009) je důležitou oblastí zájmu propojení říční ekologie a hydromorfologie, zejména v souvislosti s předpovídanými klimatickými změnami, pozměněným odtokovým režimem a narůstající spotřebou vody. Základem je vědecké porozumění speciálně kvantitativní úrovni požadované pro úspěšné předpovědi a management. Problémem posledních 80 let

podle autorů zůstává, že vazby mezi biologickými modely, ekologickými a fyzikálními procesy a formováním koryta jsou v příbřežní zóně a inundačním území studovány v mnohem menším rozsahu než v korytě a zdůrazňují proto potřebu zabývat se v rámci ekohydromorfologického výzkumu vývojem celého povodí a říční krajiny (Matoušková, 2003, Vaughan et al., 2009).

Z hlediska získávání ekohydromorfologických dat je extrémně důležitý pozorně navržený říční monitoring, který má mnohem větší hodnotu než je pouze jeho monitorovací role. Potenciálním nejdůležitějším zdrojem dat jsou v tomto ohledu pravidelné národní monitorovací programy s pokrytím daného státu (Vaughan et al., 2009).

2.3 EKOHYDROLOGICKÉ HODNOCENÍ VODNÍCH TOKŮ

Během 20. století se environmentální problémy rozšířily z odvádění odpadních vod v prvním desetiletí po dnešní klimatické změny. Nárůst ohrožení environmentálními změnami vyvolává zvýšený zájem o kontrolu a hodnocení (Verdonschot, 2000). Od konce 90. let 20. století proto vzrůstají snahy vytvořit komplexní metody hodnocení celkového tzv. ekohydrologického stavu vodních toků - hydrochemických, hydrobiologických a hydromorfologických ukazatelů v korytě toku a příbřežní zóně. Základním předpokladem pro možné hodnocení je definování tzv. referenčního stavu, který slouží jako srovnávací prvek (Matoušková, 2003). Referenční neboli potenciální přirozený stav je definován jako relativně nepoškozený a antropogenně neovlivněný vodní ekosystém. Problémem je ale referenční stav v kulturní krajině Evropy identifikovat, protože stavy vodních toků a údolních niv před jakýmkoli zásahem člověka se dnes v Evropě prakticky nevyskytují. Navíc některé umělé antropogenní systémy, mohou mít z pohledu určitých hodnotících charakteristik, např. druhové bohatosti, vyšší hodnotu než přírodní systémy (Matoušková, 2003).

Systém vodního toku je sledován pomocí řady různých parametrů, které se liší citlivostí na různé typy disturbancí (degradace habitatu, změny v krajině, kolísání hladiny). Cílem komplexního ekologického hodnocení je hodnocení vlivu lidských aktivit na přírodní zdroje a využití výsledků v podobě opatření managementu (Verdonschot, 2000). Ekohydrologické hodnocení je tedy posouzení míry antropogenního ovlivnění toku ve srovnání s referenčním stavem. Obecně bývají uplatňovány dva přístupy. Prvním je slovní popis hodnocených parametrů, jehož výhodou je detailnější charakteristika vodního ekosystému a možnost přizpůsobení se danému povodí. Jeho nevýhodou je účelovost, subjektivita a nemožnost vzájemného srovnání. Druhým přístupem je výpočet indexu, kdy jsou daným charakteristikám vodních ekosystémů přiřazeny určité numerické hodnoty vycházející ze srovnání se standardem neboli tzv. potenciálním přírodním stavem, což umožňuje vzájemné srovnání hodnocení pro určité typy vodních ekosystémů. Výhodou je také snížení míry subjektivity hodnocení (Matoušková, 2003).

Existující národní monitorovací programy by si však zasloužily zlepšení jejich vědecké přesnosti, čímž by umožňovaly vyjádřit podstatně platnější závěry pro říční monitoring i management a současně by přinášely větší užitek pro ekohydromorfologii samotnou (Vaughan et al., 2009). Mezi

priority říční ekohydromorfologie z hlediska monitoringu a metodologie v blízké budoucnosti podle Vaughana et al. (2009) patří:

- Přezkoumání současných ekologických a hydromorfologických monitorovacích programů na úrovni hydromorfologických měření, schémat monitoringu, pokryvnost území či velikost vzorku
- Posouzení hydromorfologických výzkumných metod z hlediska zachycení základních procesů, prostorové struktury, relevantního ekologického měřítka, odlišnosti jednotlivých metod či zjištění, které základní prvky chybí a mohou být doplněny za účelem vyšší relevantnosti výsledků
- Zlepšení popisu ekohydromorfologické variability a její odlišení od celkových změn systému
- Zhodnocení možností využití ekohydromorfologického terénního průzkumu či analytických nástrojů pro silnější závěry

Z hlediska managementu je v blízké budoucnosti podle Vaughana et al. (2009) prioritou ekohydromorfologie:

- Definování role ekohydromorfologie v jednotlivých částech povodí a jejich managementu a ověření nejlepší dostupné evidence ekologicko – hydromorfologických vztahů
- Stanovení referenčních podmínek pro hodnocení stavu habitatu a řešení nejnaléhavější hydromorfologických problémů (protipovodňová ochrana, ochrana přírody, návrhy revitalizací)
- Zahrnutí investorů a širší veřejnosti do rozhodovacích procesů
- Vyvinutí standardního monitorovacího protokolu o zásazích (instalace hrází či jezů, revitalizace vodního toku) pro zajištění co největšího možného množství informací vypovídajících o vlivu na ekologii a hydromorfologii.
- Zajištění fungování hydromorfologických procesů nebo alespoň jejich zlepšení za současného plnění socio – ekonomických kritérií

2.3.1. Legislativní nástroje a ekohydrologické hodnotící přístupy

V porovnání se 60. lety 20. století se kvalita vody v tocích ve státech Evropské unie výrazně zlepšila, totéž ale nelze říci o celkovém „oživení toků“. Zejména od 90. let mají tedy ekohydrologické principy hodnocení stavu povrchových vod v zemích Evropské unie zásadní význam. Z důvodu značné dosavadní heterogenity monitoringu a hodnocení jakosti povrchových vod byla navržena tzv. Water Framework Directive 2000/60/EC (dále jen WFD), která je založena na komplexním ekologickém hodnocení vodních toků, jezer, estuárií a pobřežních vod a jejich integrované ochraně. Základem pro hodnocení v rámci WFD je tzv. ekologický statut vodních toků, který je určen biologickými (složení a četnost vodní flóry a fauny), hydromorfologickými (velikost a dynamika proudění, propojení s útvary podzemní vody, kontinuita toku, morfologické charakteristiky koryta, struktura příbřežní zóny) a fyzikálně-chemickými (teplota, kyslík, slanost, acidobazický stav, živiny, specifické znečišťující látky) parametry. Ekologický stav vodních ekosystémů je klasifikován do 3 základních stupňů: velmi dobrý, dobrý a střední, přičemž velmi dobrý stav koresponduje s tzv. referenčním stavem. Definice referenčního stavu pro základní typy vodních toků, se kterým je možné současný stav vodního toku srovnávat, je tedy zcela zásadní pro hodnocení ekohydrologického stavu vodního toku a širší zavedení tohoto hodnocení ve vodohospodářské praxi (Matoušková, 2007). Problémem ale je, že WFD charakterizuje jednotlivé stupně ekologického stavu jen velmi obecně a

hodnocené vlastnosti ekosystémů se v jednotlivých regionech Evropy dost výrazně liší. Jako reakce na přijetí WFD do legislativy členských států začaly jednotlivé země zpracovávat typologie vodních toků a na jejich základě ekohydrologické hodnotící metody. Podmínkou výstupů ekohydrologického hodnocení v rámci WFD je výsledný koeficient (hodnota), na základě které je daný úsek zařazen do jedné z pěti tříd (stupňů) ekologického stavu (velmi dobrý, dobrý, střední, poškozený, zničený), což umožňuje srovnání ekohydrologického stavu toků i v rámci států. Směrnice však přesně nedefinuje, jak ho vypočítat.

Evropský výbor pro normalizaci (CEN) formuloval z důvodu nutnosti komplexnějšího pohledu na říční biotopy návod pro záznam charakteristik při popisu a hodnocení hydromorfologie řek, který byl jako Evropská norma EN 14614 Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers vydán v r. 2004, v České republice byla norma implementována v r. 2005 jako ČSN EN 14614 Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek. Je založena na vybraných existujících národních metodách hodnocení toků. Hlavním cílem normy je zlepšit srovnatelnost hydromorfologických metod sledování, zpracování dat, interpretace a prezentaci výsledků. Tato norma poskytuje obecný rámec pro používání různých metod. Jsou zde uvedeny hydromorfologické charakteristiky, které by měly být použity k charakterizaci říčních typů a pro další hodnocení morfologické integrity v porovnání s referenčními podmínkami. Základním požadavkem pro sledování je popis a identifikace říčních typů umožňujících následné porovnávání výsledků hydromorfologických sledování podobných typů. Navíc definování „velmi dobrého stavu“ pro daný typ, tj. referenčních podmínek vodních toků, je požadavkem Rámcové směrnice a umožňuje porovnání kvality ekologicky účelným způsobem (CEN, 2005).

Na základě snahy členských států Evropské unie vytvořit normativní formu mapovací metodiky, aplikovatelnou ve větším, než pouze regionálním měřítku, byla vyvinuta a v současné době se v Evropě používá celá řada metodik. Tyto metodiky jsou zpravidla zaměřeny na biologické hodnocení, nicméně podle Orr et al. (2008 in Šípek et al., 2009) by měly být brány v úvahu i hydromorfologické a geomorfologické charakteristiky, které mohou být využity při vyšetřování prostorových interakcí mezi abiotickým prostředím a biologickými daty.

Mc Ginnity et al. (2005, in Weiß et al., 2007) poskytuje přehled 28 odlišných metod hodnocení používaných především v Evropě a USA, ale také v Africe, Austrálii a na Novém Zélandu. Podle Balestrini et al. (2004) pouze 4 z těchto národních metod však splňují pravidla hodnocení ekohydrologického stavu v kontextu s WFD:

- the River Habitat Survey (RHS; Raven et al., 1997, 1998) z UK používaná v UK, Itálii, Slovinsku, Novém Zélandu a projekty EU STAR a AQEM,
- francouzský „Système d’Évaluation de la Qualité du Milieu Physique“ (SEQ Physique; Agences de l’Eau & Ministère de l’Environnement, 1998)
- německá „Gewässerstrukturgütekategorisierung“ pro malé až střední vody (LAWA – Field Survey; LAWA, 2000) a

- rakouská celostátní metoda „Ökomorphologische Gewässerbewertung“ (Muhar et al., 1996, 1998; Werth, 1987).

Z hlediska kvality výstupů je terénní průzkum nejpreferovanějším podkladem pro hydromorfologické hodnocení habitatu vodních toků. Mapy a letecké snímky pouze dokumentují signifikantní morfologické nedostatky, pokud splňují časové a prostorové rozlišení potřebné k rozlišení příčných struktur jako jsou např. migrační bariéry, poškození dna a břehů (Weiß et al., 2007).

K pokročení implementačního procesu WFD je podle Weiß et al. (2007) nezbytné zkontrolovat prozatímní stav hodnocení vodních útvarů, sbírat základní data, pokud dosažení dobrého stavu je nejisté kvůli chybějícím datům, vyvinout vhodný účinný program pro hodnocení hydromorfologických podmínek a propojit získaná data s programy biologického monitoringu řek a odvodit konkrétní postupy k dosažení dobrého stavu.

Mezi významné ekohydrologické hodnotící přístupy v Česku patří:

- Metoda ekomorfologického hodnocení kvality habitatu vodních toků EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2007)
- HEM - Hydroekologický monitoring: Metodika pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků (Langhammer, 2007b, 2008)
- Metodika sledování hydromorfologických složek ekologického stavu tekoucích vod (AOPK Brno, Demek a kol., 2006), metoda vychází z hodnocení funkční schopnosti toku na základě morfodynamiky
- Metodika monitoringu a vyhodnocení aktuálního stavu hydromorfologie vodních toků (Šindlar a kol., 2007), metoda byla vyvinuta především pro účely predikce dalšího vývoje a návrhy revitalizačních úprav

V tabulce 2.1 je uvedeno srovnání základních charakteristik 5 vybraných metodik.

Metodika	EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2008)	HEM (Langhammer, 2007b, 2008)	LAWA – Overview Survey (2002)	LAWA – Field Survey (2000)	River Habitat Survey (2003)
Princip hodnocení	Srovnání současného stavu vodního toku referenčním stavem	Současný stav	Srovnání současného stavu vodního toku s referenčním stavem	Srovnání současného stavu vodního toku s referenčním stavem	Srovnání současného stavu vodního toku s referenčním stavem
Základ pro analýzu stavu	Terénní průzkum (možné využití map a jiných distančních dat) Délkově heterogenní úseky homogenního charakteru	Terénní průzkum (možné využití map a jiných distančních dat) Délkově heterogenní úseky homogenního charakteru	Analýzy veškerých dostupných podkladů (topograf., geol., histor., plavebních, map vegetace, biotopů) a leteckých snímků Terénní průzkum pouze doplňkově pro orientaci v leteckých snímcích Délkově homogenní úseky podle šířky koryta toku	Terénní průzkum (možné využití map a jiných distančních dat) Délkově homogenní úseky podle šířky koryta toku	Terénní průzkum (možné využití map a jiných distančních dat) Délkově homogenní úseky 500m 10 x 10m po 50 m
Mapované zóny	(3) Koryto toku, DVP (příbřežní zóna) Údolní niva	(4) Koryto a trasa toku, Dno Břeh a inundační území Proudění a hydrologický režim	(3) Dno , Břehy Přílehlé plochy (DVP+údolní niva)	(3) Dno , Břehy Přílehlé plochy (DVP+údolní niva)	Mapuje se v korytě, březích, DVP (do 5m), nivě (do 50 m)
Počet parametrů	31	17	17	26	A-R (18 sekcí)
Způsob výpočtu ekomorfolo- gického stupně	Všechny parametry mají stejnou váhu => aritmetický průměr bodového hodnocení	Vážený průměr z hodnot parametrů pro každou zónu (různá váha parametrů) Výsledný stav: aritmetický průměr z hodnot pro jednotlivé zóny	Různá váha jednotlivých hodnocených parametrů – tzv. pesimistické hodnocení za účelem zdůraznění negativního antropogenního vlivu	Různá váha jednotlivých hodnocených parametrů – zdůraznění negativního antropogenního vlivu	Různá váha jednotlivých hodnocených parametrů – program pro počítání výsledného score: HQA: ekologická kvalita říčního habitatu, HMS: míra antropogenní modifikace ř. habitatu
Počet jakost- ních tříd (ES)	5	5	5	7	
Účel	Zajištění monitoringu hydromorf. stavu v rámci WFD - Určení míry antrop.ovlivnění vodního toku - Identifikace antropogenně transformovaných vod. útvarů a nalezení přírodních úseků, které je třeba chránit - Podklad pro návrh revitalizačních opatření	Zajištění monitoringu hydromorfolo- gického stavu v rámci WFD	Zajištění monitoringu hydromorf. stavu v rámci WFD -Identifikace antrop. transformovaných vodních útvarů -Základ pro plánování a hodnocení opatření v oblasti regulace či obnovy přírodního stavu a údržby - Zkoumání dopadu na ŽP (EIA) - Hodnotí schopnost fungování ř. systémů, ne rozmanitost struktur	Zajištění monitoringu hydromorf. stavu v rámci WFD - Zjištění fungování říčních ekosystémů - Schopnost identifikace antropogenně transformovaných vodních útvarů	Zajištění monitoringu hydromorf. stavu v rámci WFD - Plánování dalšího využití, revitalizace a management menších vodních toků převážně kanálového charakteru
Hodnocení toků v intravilánech/ extravilánech	Celý tok od pramene po ústí – metoda vhodná k hodnocení v otevřené krajině i v urbanizovaných územích	Hodnotí se celý tok od ústí k prameni	Hodnotí se celý tok od ústí k prameni (Dvořák, 2008)	Hodnotí se celý tok od ústí k prameni (Vondra, 2006)	Hodnocené parametry jsou zaměřené na kanalizovaná koryta a toky v urbanizovaných územích (Šilhánová, 2009)

Tabulka 2.1 Přehled základních charakteristik vybraných metodik

2.4 REVITALIZACE ŘÍČNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Zejména v posledních dvou staletích způsobil člověk přehrazováním řek, jejich regulací a kanalizováním koryt změny znamenající hrozby pro říční ekosystémy po celém světě. Tyto zásahy velmi výrazně ovlivnily hydromorfologické procesy, které vymezují dynamickou rovnováhu rozložení říčního habitatu s charakteristickou biotou. Proto se revitalizace řek stávají celosvětovým tématem hydrologů, geomorfologů a ekologů, kteří ve spolupráci s říčními inženýry hledají způsoby zlepšení degradovaného stavu malých i velkých vodních toků (Schabuss et al., 2006).

Smyslem revitalizace je návrat struktury a fungování říčního ekosystému do stavu před disturbancí, přičemž se tato příležitost jen vzácně nabízí pro celý tok. Před realizací je třeba lokalitu sledovat a zhodnotit a také stanovit metody pro zhodnocení úspěšnosti celého projektu. Toto hodnocení musí být upraveno na míru individuálním cílům projektu a zároveň splňovat standardizovaný přístup, aby umožnilo srovnání mezi jednotlivými revitalizacemi (Wade et al., 2000). Doposud však existuje jen velmi málo shod, jak stanovit úspěšnost revitalizace a která kritéria jsou podstatná pro hodnocení revitalizací.

2.4.1 Definice a základní principy

Revitalizace je podle vyhlášky MŽP ČR k programu revitalizace říčních systémů definována jako komplex opatření pro obnovu hydrologického přírodě blízkého režimu v povodí z hlediska kvality i kvantity (Matoušková, 2003). Účelem revitalizačních úprav vodních toků je odstranit nebo zmírnit negativní důsledky úprav vodních toků na ekosystémy, obnovit nebo zlepšit jejich ekologickou funkci v krajině se zohledněním účelových funkcí vodního toku, pro které byl upraven (Metodika 20/1996 in Erlich a kol., 2003). Českému termínu revitalizace odpovídá v anglických publikacích pojem „river restoration“, používají se také pojmy „rehabilitation“ ve smyslu zmírnění degradace a „revitalization“ jakožto soubor opatření vedoucích k „oživení“ krajiny.

V roce 1988 byla v US založena organizace angažující se v ekologicky citlivých obnovách a managementu ekosystémů The Society for Ecological Restoration International (SER), jejímž posláním je podpora ekologické obnovy (ecological restoration) ve smyslu udržení diversity života na Zemi a znovuoobnovení ekologicky prospěšných vztahů mezi přírodou a společností (www.ser.org). Prvním pokusem členů SER formulovat principy a strategie nového rozvíjejícího se oboru ekologické obnovy je The SER International Primer on Ecological Restoration, poprvé vydaný v roce 2002 (dále Primer). Dokument uvádí, jak mohou být projekty ekologické obnovy plánovány, realizovány, monitorovány, hodnoceny, ale hlavně se snaží zdůraznit, jak je ekologická obnova spojena s managementem ekosystému a ochranou přírody a jaký je její vztah k revitalizacím a ekologickému inženýrství (Winterhalder, Clewell, Aronson, 2004).

Revitalizace (restoration) je v Primeru formulována jako pokus o návrat k původnímu vývoji ekosystému před disturbancí, původní stav je tedy ideálním východiskem pro návrh obnovy. Obnova původního stavu ale není vždy nutná, v kulturní krajině mnohdy ani možná (v silně ovlivněné krajině

není mnohdy ani možné přesně identifikovat původní stav), důraz je kladen na vývoj obnoveného ekosystému ne na konečný ustálený stav. Dokument definuje ekologickou obnovu (revitalizaci) jako proces „zotavení“ ekosystému, který byl degradován, poškozen nebo zničen. Ekosystém je považován za obnovený, pokud vykazuje funkce normální pro jeho ekologické stádium vývoje a nejsou patrné žádné poruchy činnosti. Obnovený ekosystém obsahuje adekvátní biotické a abiotické zdroje k pokračování jeho soběstačného vývoje (Davis, Slobodkin, 2004). Revitalizace je dlouhodobým procesem a není možné očekávat naplnění hydromorfologických charakteristik za rok či dva, Kern (1994 in Kliment et al., 2008) uvádí, že napřimený a uměle opevněný vodní tok potřebuje k dosažení dynamické rovnováhy při samovolném zpětném vývoji po svém „osvobození“ přibližně 50 let.

Povodňové události v Evropě v letech 1993, 1995, 1997, 2002 a 2006 přinesly posun v pojetí protipovodňové ochrany. Vedle klasických technických přístupů se začaly uplatňovat i přístupy ekohydrologické (Matoušková, 2007). Podle Jensena et al. (2006) je výsledkem výše uvedených mimořádných povodní podpora revitalizací říčních údolí jako jediného způsobu snížení vodní hladiny při povodňových událostech do budoucna, a to zejména využitím říčních niv jako retenčního prostoru. Vodním tokům by měl být podle strategie prosazované Evropskou unií poskytnut, kde to situace dovoluje, nezbytný přirozený prostor i za cenu prostorových omezení (např. orné půdy v údolní nivě) či ekonomických nákladů. V EU je dnes věnována značná pozornost protipovodňovým opatřením, velký důraz je kladen především na snížení extrémních povodňových průtoků (Matoušková, 2007). Netechnická, neboli pasivní opatření na bázi ekohydrologických přístupů, nemohou zásadně omezit výskyt extrémních povodňových situací, ale mohou významnou měrou přispět ke snížení extremity a zpomalení průběhu povodňových vln. Hlavním cílem revitalizačních opatření však není snížení průtoků pouze při extrémních vodních stavech, ale dlouhodobé zvýšení retenční schopnosti krajiny (Matoušková, 2007). Základní myšlenkou pasivní protipovodňové ochrany je ponechat říční nivu v nejvyšší možné míře jejich přírodnímu vývoji a pohlížet na ně jako na přirozené zátopové území (Janský, Kocum, 2007). Z pohledu retence vody v krajině je zcela zásadní struktura využití krajiny.

Revitalizace v základu usilují o přirozené fungování říčního systému a zlepšení kvality habitatu. Boon (1992 in Pedroli et al., 2002) uvádí 5 strategií zaměřených na ochranu vodních toků. V případě přirozených systémů s nedotčenou dynamikou je úkolem jejich ochrana a zachování. Pro řeky s vysokou kvalitou ekosystému a s fungováním klíčových procesů bez větších závad se nabízí možnost omezení dalšího hospodaření v povodí. V případě nízké kvality ekosystému je třeba realizovat opatření pro záchranu habitatu a organismů. Je-li vodní tok degradován natolik, že je hydrodynamika jen stěží rozpoznatelná a vyskytují se jen fragmentované zbytky původních populací, jsou na místě říční revitalizace s cílem vytvořit vhodnější habitat, posílit obnovu zbývajících populací a založit nové. V případech, kdy je obnova stávajícího systému beznadějná, je vhodnější jej opustit a vytvořit nový přírodě blízký říční systém.

Podstatně častěji se o revitalizacích hovoří v souvislosti s extraviálany (volnou krajinou), protože základním předpokladem úspěšné tzv. úplné revitalizace je poskytnout vodnímu ekosystému

dostatečný prostor, což je v praxi, především v intravilánech jeden z největších problémů. V současnosti preferovaný koncept tzv. integrované protipovodňové ochrany kombinuje „bezpečné“ provedení vody sídly, kde je vyžadována ochrana lidských životů, majetku a kulturních hodnot a využití retenčního i transformačního potenciálu otevřené krajiny na místech, která umožňují bezpečný rozliv. Úseky vodních toků protékající urbanizovaným územím není možno z revitalizace zcela vyřadit, neboť vodní tok je od pramene po ústí kontinuum. V intravilánech nebo v územích, kde není možno poskytnout toku dostatečný prostor pro samovolný vývoj je vhodná tzv. revitalizace částečná (Just, 2005, Matoušková, 2003).

2.4.2 Zásady úspěšné revitalizace aneb referenční stav vodních toků

Snahou revitalizací by mělo být především únosnými výdaji peněz a energie dosahovat významných efektů, a to především tam, kde by samovolná renaturace probíhala pomalu a obtížně (nadměrně zahloubená koryta, opevněná technicky kvalitními, trvanlivými opevněními typu například polovegetačních tvárnic). Základní předlohou pro revitalizační opatření jsou přírodní potoky, řeky a mokřady. V rámci revitalizací nelze v podmínkách kulturní krajiny většinou usilovat o návrat k původnímu přírodnímu stavu, ale je nutné usilovat o dosažení co nejlepších efektů (Just, 2005), podle Newsona a Large (2006) je to zejména vytvoření stanovišť s vlastní regulací začleněných do okolní krajiny.

Navrhované revitalizace říčních systémů by měly v základu vycházet z těchto obecných principů (Wade et al., 2000):

- minimální náklady na udržování v dlouhodobém měřítku
- využití potenciální energie toku jako přirozené podpory
- návrh systému přirozeného, odpovídajícího existujícím klimatickým a hydrologickým podmínkám ne přetechizovaného, který se dobře vyrovná s extrémními událostmi i průměrnými podmínkami
- návrh systému ve smyslu integrovaného a dlouhodobého přístupu (revitalizace se nestane funkční přes noc)
- návrh pro funkci ne pro formu

Teoretický koncept říčních revitalizací je orientovaný zejména na povodí, projekty říčních revitalizací se však ve většině případů týkají realizací opatření malých měřítek bez velkolepých vizí, např. myšlenky udržitelného managementu povodí, který podle Leuvena a Nienhuise (2001) znamená, že uživatelské činnosti v povodí jako plavba, zemědělství nebo urbanizace by měly být přizpůsobeny dynamice přírodních říčních systémů. Cíle většiny evropských revitalizačních plánů jsou nastaveny na úseky řek do 10 km a zpravidla malé vodní toky (s průtokem do $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Tyto revitalizační projekty menšího rozsahu často vyvstávají z příležitostí vyplývajících z rozvoje silniční sítě, opuštění průmyslové krajiny nebo orné půdy. Problémem ale zůstává, že tyto příležitostné projekty nemohou zastoupit komplexní řešení v rámci povodí (Leuven, Nienhuis, 2001). Vodní tok je nutné chápat jako kontinuum, úseky na horním toku ovlivňují úseky níže položené především látkovým transportem a

jakýkoli zásah na horním toku může znamenat změny pro úseky níže ležící, tyto však mají schopnost ovlivňovat úseky ležící výše např. zpětnou erozí či migrací vodní fauny (Matoušková, 2003). Zůstane-li tedy úsek nad a pod revitalizovaným úsekem stále ekologicky, hydrologicky a geomorfologicky degradovaný může negativně působit i na revitalizovaný úsek. Dalším problémem je určení úspěšnosti revitalizace, protože systém se neustále vyvíjí a čas potřebný na naplnění většího revitalizačního projektu v celé šíři může být i 20 let (Leuven, Nienhuis, 2001).

Běžnými motivy pro realizaci revitalizace vodního toku jsou podle Leuvena a Nienhuise (2001): **zemědělství** (v případě zrušení orné půdy v inundačním území ve prospěch přírodního rozvoje, dochází zpravidla k založení druhově bohatých luk, což vede k redukci přísunu nutrientů z obdělávané půdy do toku a zlepšuje kvalitu vody v toku), **rybaření** (nárůst diversity habitatu, propojení koryt s mokřady a mrtvými rameny, restrukturalizace koryta či náprava migračních bariér vede k nárůstu rybí obsádky), **přírodní vývoj** (obnova meandrování, umožnění rozlivu povodňových průtoků v nivě, revitalizace původních ramen a obnova habitatu říční nivy zvyšuje biodiverzitu ekosystému a zlepšuje pohled lidí na vodní toky, včetně zvýšení rekreačního potenciálu řek) a **protipovodňová ochrana**.

Korytotvorný průtok je často uváděn jako parametr zodpovědný za tvar dna. Vodní hladina při korytotvorném průtoku je využívána k určení morfologicky významných parametrů jako je šířka či hloubka. Velikost a frekvence opakování korytotvorného průtoku je předmětem mnoha šetření, jejichž výsledkem je však značný rozptyl hodnot a problém definovat frekvenci opakování, ačkoli ji mnoho autorů obecně stanovuje na jeden až dva roky. Velikost a interval opakování korytotvorného průtoku se rámcově liší pro odlišné typy toků. Na středních a dolních tocích se širokou vyvinutou nivou je zaplavování četnější (dvakrát za rok nebo nejméně každý druhý rok), zatímco na horních či středních tocích se slabě vytvořeným údolím je doba opakování jednou za padesát let. Horní toky s údolními tvaru V se z břehů rozliší jenom za velmi ojedinělých událostí s frekvencí mezi 50 a 100 lety nebo i delší (Bostelmann et al., 2000).

Zuna na základě rozsáhlých měření průtočných profilů neupravených koryt v ČR zjistil u potoků nížin kapacitu koryta menší než Q_1 , u potoků pahorkatin a podhorských potoků okolo hodnoty Q_1 a u bystřin a podhorských potoků v závislosti na podélném sklonu koryta v rozmezí Q_1 až Q_5 . Jako korytotvorný průtok pro potoční tratě nížin je tedy vhodné uvažovat průtok v rozmezí Q_{30d} až Q_1 a pro tratě podhorských a horských potoků v úrovni Q_1 (Vrána a kol., 2004). Vyšší kapacita revitalizovaného koryta znamená soustředění vyšších průtoků spojených s vyšší dnovou a břehovou erozí koryta a tudíž nepříznivé ovlivnění morfologické členitosti koryta. Cílem revitalizace je navrhnout koryto optimální pro běžné průtoky a ve smyslu integrované protipovodňové ochrany nechat větší průtoky rozlít do nivy, v případě, že je to možné. Pokud je při revitalizaci vybudováno příliš malé koryto, voda si jej většinou sama zvětší, případně jej lze drobným zásahem upravit, podstatně větší chybou je vybudování příliš velkého koryta, které se boční a hloubkovou erozí má

tendenci ještě více zahlubovat a zvětšovat a dochází k jeho poškozování povodňovými průtoky, které se vlivem zvýšené kapacity koryta nerozlévají do nivy (Just, 2005).

Stabilita vodního toku je pevně vázána na **splaveninový režim**, jehož přirozené obnovení v rámci revitalizace bývá velmi obtížné. Sebedůslednější revitalizace řeší vždy pouze dílčí úsek vodního toku, přičemž povodí nad tímto úsekem generuje splaveninový režim, který je od ideálních poměrů více či méně vzdálen, nejčastěji velkým množstvím jemných zemin splavených z polí a naopak málo šterkových splavenin, často pak za menších průtoků dochází k zanášení koryta jemnými bahnitými částicemi (Just, 2005).

Revitalizace jsou často realizovány na zpravidla nejvíce degradovaných dolních tocích, kde složení substrátu může být limitující pro propojení s podzemní vodou. Obnova struktury proudných míst a tůň zvyšuje spojení mezi vodou v korytě a podpovrchovou vodou, k maximalizaci nebo k udržení spojení je však třeba zvážit zastoupení jednotlivých frakcí sedimentu a návrh dynamických struktur dna, protože transport a následné ukládání jemného sedimentu postupem času výrazně redukuje výměnu vody mezi korytem a podpovrchovou zónou revitalizovaných úseků (Kasahara, Hill, 2008).

Jeden z nejdůležitějších faktorů **oživení koryt vodních toků** je jejich členitost – střídání různých proudných míst a hloubek. Přítomnost hlubších úseků je např. nutná pro zdárné zimování vodních živočichů (Just, 2005). K základním mezotvarům morfologie přírodních koryt vodních toků patří tůně, brody a akumulací lavice, mezi sebou se vzájemně ovlivňují a lze je proto považovat za určitý strukturní systém. Jejich výskyt závisí na charakteru transportu látek, druhu typu údolního dna, spádových poměrech a průběhu trasy koryta toku (Matoušková, 2003). Kasahara a Hill (2008) při modelování efektu vybraných revitalizačních opatření na výměnu vody mezi korytem a podpovrchovou zónou dospěly k závěru, že obnova střídání proudných míst a tůň a změna sklonu přináší větší efekt než úprava struktury substrátu a obnova střídání proudných míst a tůň spolu s obnovou bočních lavic přináší větší efekt než konstrukce šterkových lavic samotných. Největší efekt však přináší obnovení meandrování spolu s přidáním hrubých sedimentů do koryta toku (Kasahara, Hill, 2008). Bostelmann et al. (2000) uvádí, že morfologie dna je úzce přizpůsobena kapacitě průtoku. U středních a dolních toků se širokou vyvinutou nivou je rozmístění sekvencí tůň – peřej vztaženo ke sklonu a šířce toku (např. vzdálenost mezi dvěma tůňmi nebo dvěma peřejemi narůstá s poklesem sklonu i šířky). V kontrastu s tímto formací tůň – stupeň nebo kaskáda jsou charakteristické pro toky vyšších poloh s velkým sklonem, např. toky s údolím tvaru V. Vyskytují se u toků se sklonem dna větším než 5 % a jejich rozestup je nezávislý na sklonu dna a šířce koryta. Na středních tocích se slabě vytvořeným údolím se tvoří oba typy formací.

Hydromorfometrické charakteristiky koryt vodních toků vztažené k základním parametrům zákrutů a meandrů popisuje tabulka 2.2. V obecných zásadních poznatcích se výsledky autorů shodují, ale v jednotlivých vztazích se značně odlišují, což je dáno především nesourodostí studovaného souboru vodních toků (Matoušková, 2003). Zeller (1967 in Matoušková, 2003) odvodil, že délka vlny

meandru se rovná přibližně 10-ti násobku šířky koryta, poloměr zakřivení meandru odpovídá přibližně 2 až 3 násobku šířky koryta a šířka oblouku meandru se rovná přibližně 5 až 7 násobku šířky koryta. Just (2005) dále uvádí, že šířka meandrového pásu bývá 10 až 14 násobkem šířky koryta.

vztah	autor	matematické vyjádření
délka vlny meandru (L) a šířka koryta (B)	Inglis Leopold a Wolman Zeller	$L = 6,6B^{0,99}$ $L = 10,9B^{1,01}$ (pro velké v. t. $L = 7B$ až $15B$, pro malé v. t. $L = 7B$) $L = 10B$
amplituda meandru (A) a šířka koryta (B)	Inglis Leopold a Wolman	$A = 18,6B^{0,99}$ nebo $A = 10,9B^{1,04}$ $A = 2,7B^{1,1}$
délka vlny meandru (L) a poloměr zakřivení (R)	Leopold a Wolman	$L = 4,7 R^{0,98}$
poloměr zakřivení (R) a šířka koryta (B)	Leopold a Wolman Nansen a Hickin	$R = 2,3B$ $R = 2,5-3B$
šířka oblouku (λ) a šířka koryta (B)	Leopold a Wolman	$\lambda = 5B$ až $7B$
korkotvorný průtok (Q_{kk}) a délka vlny meandru (L)	Inglis Zeller	$L = 29,6 Q_{kk}$ $L = 10$ až $100 Q_{kk}^{0,5}$
korkotvorný průtok (Q_{kk}) a poloměr zakřivení (R)	Inglis	$R = 84,7 Q_{kk}$
korkotvorný průtok (Q_{kk}) a šířka koryta (B)	Inglis	$B = 4,88 Q_{kk}$

Tabulka 2.2 Přehled matematicky vyjádřených vztahů mezi parametry koryta

Zdroj: Matoušková (2003)

Harnischmacher (2007) formuloval na základě vyšetřování závislých i nezávislých morfologických proměnných a jejich vzájemného vztahu fluvialně morfologických zákonitostí pro malé vodní toky v SZ Německu na základě průzkumu vybraných úseku referenčních vodních toků v téže oblasti pomocí statistických metod. Využit byl empirický přístup užívaný v klasických pracích fluvialní morfologie zejména v UK a US. Zjištěné zákonitosti jsou přínosem pro stanovení referenčních podmínek a tedy i užitečným nástrojem pro revitalizace malých vodních toků a s přihlédnutím ke specifickým charakteristikám vybraného vzorku referenčních úseků toků, lze zjištěné zákonitosti uplatnit i v dalších regionech. Vybrané vodní toky lze rozdělit do 3 skupin reprezentujících odlišný sklon údolí a tedy i charakteristickou morfologií: (1) malé toky **v plochých nížinách se sklonem do 10 ‰**, (2) malé toky **v širokých údolních nivách vysočin se sklonem mezi 10 a 20 ‰** a (3) malé toky **v zalesněných pramenných oblastech vysočin s údolím tvaru V, se sklonem převyšujícím 20 ‰**, bez vyvinutých niv, s hrubozrnným materiálem dna a mrtvým dřevem v korytě. Harnischmacher (2007) shodně s výsledky Wohl et al. (1993) zjistil, že pro řeky se sklonem nižším než 10 ‰ **hloubka tůní** roste spolu s nárůstem kapacity koryta, což může vysvětlovat přizpůsobování podélného profilu k objemu korytotvorného průtoku dokud materiál dna připustí příslušné vymílání dna toku nebo vývoj tůní. Naproti tomu u toků s údolím tvaru V (3. skupina) s vyšší kapacitou koryta hloubka tůní klesá. Navzdory vysoké kapacitě koryta toku a energii toku je průměrná hloubka tůně řek s údolím tvaru V (0,189 m) nižší než u řek 2. skupiny (0,263 m), pravděpodobně kvůli odolným valounům, balvanům a skalnímu podloží dna. Pro vodní toky se sklonem 20-60 ‰ hloubka tůní klesá s nárůstem sklonu údolí. Podíl hloubky tůní/jejich vzdálenosti

narůstá s rostoucí energií toku. **Vinutí trasy** koryta toku je popisované sinuositou a jejím vztahem k energii toku. Pro řeky vysočin s vyvinutou nivou (2. skupina) bylo zjištěno, že sinuositita klesá s rostoucí energií proudu, přestože niva poskytuje dostatek prostoru pro vývoj meandrů a zákrutů. Sinuositita s vyšší energií proudu poklesá také u řek vysočin s nevyvinutou nivou (3. skupina), a pokles sinuosity pokračuje až do dosažení hodnoty sinuosity cca 1,1, což může být vysvětleno chybějícím prostorem na dně údolí pro vývoj meandrování. U toků nížin (s energií 10 až 100 W/m) sinuositita s nárůstem energie proudu roste, zatímco toky vysočin s vyvinutou nivou převyšující hodnotu 100 W/m vykazují opačný vztah (sinuositita klesá), pro toky s údolím tvaru V s nejvyšší energií proudu (vyšší než 1000 W/m) byla zaznamenána pouze slabá negativní korelace. Obdobné výsledky pro vztah mezi energií proudu nebo sklonem údolí a sinuositou zmiňoval v dřívějších pracích Schumm (in Harnischmacher, 2007). V základu jsou tyto výsledky vysvětleny odlišnými režimy výdeje energie: zatímco řeky s energií toku nižší než určitá prahová hodnota mají sklon tlumit energii v zákrutech a meandrech, čímž redukuje sklon koryta a minimalizují výdej energie, toky s vysokou energií vytváří divočící trasy koryta toku, aby tlumily energii turbulentním prouděním. Malé vodní toky prezentované energií proudu převyšující hodnotu 100 W/m v rámci studie Harnischmacher (2007) nevykazují divočení, protože přítomnost hrubozrnného materiálu dna a mrtvého dřeva způsobuje zvýšení drsnosti koryta, na jejíž překonání je vynakládáno větší množství energie, což může vysvětlovat pokles sinuosity koryta.

2.4.2.1 Definice referenčního stavu pro toky střední Evropy

V prehistorických časech měkký a tvrdý luh dominoval v inundačních územích od horních až po dolní úseky řek. Celé povodí mělo obrovskou kapacitu akumulace vody a v důsledku toho pomalý odtok vody i v průběhu vlhkých období. Kolísání vodní hladiny a průtoků bylo podstatně nižší než v současnosti. Následkem odlesnění, kultivace krajiny a regulace řek, se dramaticky zvýšila dynamika hydrologických procesů, zejména kolísání vodní hladiny. V kontrastu s tím geomorfologické procesy v zajištění přímých náspů a hrází dramaticky poklesly (Leuven, Nienhuis, 2001).

Referenční stav nebo německy Leitbild (Kern, 1992 in Bostelmann et al., 2000) je teoretická představa toku v jeho přirozených podmínkách zahrnující říční nivu jako nedílnou součást ekosystému. Referenční stav je tedy souhrn požadovaných charakteristik toku v kontextu teoretického přírodního potenciálu, bez zahrnutí ekonomických nebo politických aspektů, které ovlivňují realizaci revitalizačního projektu, reprezentuje tedy potenciál pro přirozený rozvoj za předpokladu, že aktivity člověka v korytě i nivě toku ustanou (Kern, 1992 in Pedrolí et al., 2002). Podle Kerna (1992 in Bostelmann et al., 2000) by měl Leitbild odrážet přirozené vlastnosti toku před začátkem průmyslové revoluce, kdy ještě zemědělství a ostatní aktivity člověka byly přizpůsobeny lokálním geoeologickým podmínkám, což zároveň znamená zahrnutí historie kulturní krajiny před začátkem průmyslové revoluce do konceptu referenčního stavu.

Podle ČSN EN 14614 referenční podmínky odrážejí celkově nenarušený stav, bez vlivu člověka, nebo blízký přirozenému stavu pouze s menšími stopami porušení. Referenční podmínky by měly být definovány pro každý říční typ a jejich stanovení je nezbytným předpokladem hodnocení hydromorfologické kvality umožňujícím klasifikaci dalších úrovní stavu. Mezi všeobecná kritéria referenčních podmínek ČSN EN 14614 patří: dno a břehy tvořené přirozenými materiály, absence umělých staveb v korytě i na břehu, trasa a profily neovlivněné lidskou činností, volný pohyb sedimentů, vody a organismů a přirozený břehový porost.

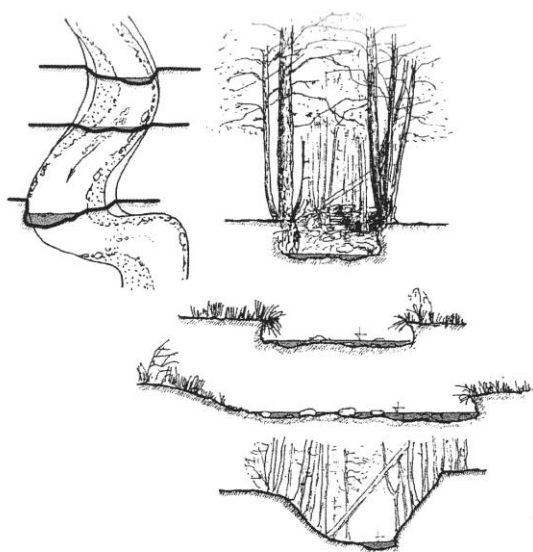
Většina metod hodnocení podmínek toků srovnává stávající stav toku s regionálním referenčním stavem, přičemž je referenční stav stanoven tak, aby reprezentoval nejlepší dostupné podmínky. V Evropě však přírodní nebo původní referenční toky často chybějí a jako referenční se využívají nejednoznačné „téměř přírodní podmínky“. Definice referenčních podmínek je proto tématem mnoha diskuzí (Verdonschot, 2000). Higler a Verdonschot (1992 in Verdonschot, 2000) diskutují několik variant jak referenční podmínky co nejvýstižněji a nejvhodněji definovat.

- Přírodní podmínky jsou často definovány jako „bezúdržbové“ tzn., že systém nepotřebuje zásahy člověka. Často tedy referenční stav bývá definován jako **přirozenost** ve smyslu konečného stádia sukcese (klimaxu), stádium klimaxu u tekoucích vod však reálně neexistuje.
- Tok sice neustále směřuje do stádia **dynamické rovnováhy**, ale např. průtoková rychlost se během období záplav a sucha může rychle měnit a směřování toku k rovnováze je tak neustále posunováno zpět. Také využití dynamické rovnováhy jako kritéria referenčního stavu je otevřeno diskuzi.
- Referenční podmínky ve smyslu **původních nebo počátečních** podmínek mohou být známy z historické literatury nebo mohou být zjištěny např. na základě paleolimnologických dat. Ačkoli tyto historické podmínky jsou často nazývány přírodními, byly i tyto v minulosti vystaveny vlivu člověka nebo přírodním disturbancím.
- Navíc je každý plně vyvinutý říční systém **unikátní**, což komplikuje požadovaný jednoznačný popis souhrnných referenčních podmínek. Referenční podmínky by měly být popisovány v dynamických okolnostech, tedy v **rozmězí charakteristik a procesů**, na jejichž základě by byly zařazeny do určité typologie. Otázkou ovšem zůstává jak široké rozpětí (rozmězí charakteristik a procesů) je přijatelné.
- Referenční podmínky se vztahují k **potenciálním optimálním podmínkám**, které berou v úvahu současné a budoucí podmínky. I redukce dnešních disturbancí způsobených člověkem a obnovení původních podmínek však není automatickým předpokladem návratu původního společenstva, např. v případě že jsou nenávratně poškozeny důležité funkce či procesy.

Všechny výše uvedené argumenty ukazují, že neexistují jednotná a objektivní kritéria k definování referenčních podmínek. Referenční podmínky je proto podle Verdonschota (2000) vhodné definovat jako **ekologicky optimální podmínky podporující vývoj říčního ekosystému**.

Základem mnoha debat jsou historické referenční podmínky. Znovuobnovení přírodě blízkých území včetně přirozeného procesu sukcese vegetace v říčních nivách by však znamenalo téměř 200 let do takových území nezasahovat, návrat zpět do středověku, kdy řeky neomezeně meandrovaly lužními lesy bez jakéhokoli zásahu člověka je dnes však již prakticky neuskutečnitelná iluze (Leuven, Nienhuis, 2001).

Podle SER (2004) je referenční stav definován jako model pro plánování, projekt obnovy a následně i hodnocení jeho úspěšnosti. Popis referenčního stavu by měl zahrnovat hlavní atributy abiotického prostředí, důležité aspekty biodiverzity jako druhová skladba a struktura společenství, identifikaci pravidelně se opakujících událostí, které udržují stabilitu ekosystému a jak by měl být tento ekosystém udržován (SER, 2004).



Obrázek 2.1 Tvary příčných průřezů přírodních koryt potoků a říček. U jednoduchých průřezů převažuje tvar plochého, širokého pekáče. Příroda však zná i složené průřezy (na obrázku dole).

Zdroj: Just (2005)

Přírodní koryta bývají většinou široká a relativně mělká a jejich příčný průřez se blíží plochému pekáči (obrázek 2.1) a jejich šířka se zvětšuje směrem po toku, u potoku vrchovin je běžný poměr šířky ku hloubce 4:1, u říček 10:1 a u řek 20:1 a více (Just, 2005). Z ekologického hlediska je významná členitost v příčném průřezu i střídání tvarů příčného průřezu v rámci trasy toku. Členitost přírodních koryt tvoří střídání hloubek, materiálu dna, přítomnost velkých kamenů a dřev či kořenové systémy stromů v březích.

Potoky pahorkatin se vyznačují nepravidelnou trasou s meandry v úsecích často nespojitě nivy, sklon toku je velmi proměnlivý - časté jsou změny podélného profilu, transport štěrku, písku a hlinitých splavenin a jejich následná sedimentace v tůních. Členité koryto s mnoha úkryty disponuje dobrou migrační propustností, která však může být za nižších průtoků v úsecích většího sklonu narušena (Just, 2005).

Mezi základní charakteristiky obnoveného ekosystému podle SER (2004) patří obnovení druhů charakteristických pro referenční ekosystém, které zajišťují strukturu obnoveného ekosystému (v nejlepším případě druhy původní, v případě kulturního ekosystému alespoň druhy neinvazní

povahy), obnovení všech funkcí nezbytných pro vývoj a stabilitu obnoveného ekosystému, eliminace potenciálního ohrožení nedotčenosti a zdraví z okolní krajiny, dostatečně pružná reakce ekosystému na běžné disturbance lokálního prostředí a soběstačnost obnoveného ekosystému při existujících podmínkách prostředí.

Referenční stav toku a jeho inundačního území sice nastiňují ideální řešení, ale realizace revitalizačních opatření závisí na současných podmínkách, možnostech a omezeních dnešní kulturní krajiny (Leuven, Nienhuis, 2001, Matoušková, 2003). V Evropě sice existuje hrubé členění toků do ekoregionů, ale referenční podmínky vodních toků na regionálních úrovních, které by bylo vhodné využít pro návrh revitalizačních opatření, zatím nejsou v Evropě jednoznačně definovány. Nabízí se možnost rozřadit toky do skupin na základě společných vlastností a referenční podmínky pak popisovat pro celou skupinu (typ vodních toků), problémem ale zůstává fakt, že každý vodní tok je unikátní a je obtížné stanovit přijatelné rozmezí hodnot charakteristik braných v potaz pro definování jednotlivých typů vodních toků.

Definování referenčních podmínek pro specifické říční typy umožňuje porovnávání výsledků hydromorfologického sledování obdobných typů a je také požadavkem WFD. ČSN EN 14614 doporučuje pro definování říčních typů použití alespoň těchto faktorů: plocha povodí, řád toku, vzdálenost od pramene, sklon koryta, minimálně 3 kategorie geologického podloží, zeměpisná poloha, nadmořská výška pramene a hodnoceného úseku a hydrologický režim. Pro odvození říčních typů podle WFD je možné využít tyto dva systémy: Systém A, jehož základem je zařazení řek do tzv. ekoregionů doplněné o popisné charakteristiky nadmořské výšky, velikosti a geologie a Systém B založený na závazných faktorech (nadmořská výška, velikost, geologie a zeměpisná poloha) a doplněný volitelnými faktory.

Typologie vodních toků (Langhammer a kol., 2009) splňuje požadavky platné legislativy a odpovídá tzv. Systému B definovanému WFD. Typologie je založena na kombinaci 4 parametrů: úmoří, nadmořská výška, geologické podloží a řád toku podle Strahlera. Uváděná typologie je dvoustupňová. Zahrnuje zonální členění (na 21 základních zonálních typů vodních toků podle úmoří, nadmořské výšky a geologie) a jemné členění, ve kterém je oproti zonálnímu navíc zahrnut i řád toku a identifikuje tak 47 typů vodních toků (Langhammer a kol., 2009).

2.4.3 Hodnocení úspěšnosti revitalizací vodních toků

Ekologie obnovy klade při hodnocení úspěšnosti důraz na biotu, jakožto nejlepšího indikátora stavu prostředí, a to jak na vegetaci tvořící „kostru“ ekosystému, tak na organismy žijící ve vodě. Řádně naplánovaný projekt obnovy podle SER (2004) musí splňovat cíle vyplývající z referenčního stavu ekosystému. Základní otázka pro hodnocení obnoveného ekosystému je, zda byla provedena opatření pro dosažení plánovaných cílů a jestli tyto cíle byly úspěšně splněny. Obnovený ekosystém však nebude nikdy zcela identický s referenčním stavem. Cíle jsou hodnoceny na základě předepsaných standardů (neboli kritérií úspěšnosti), které by měly být z velké části koncipovány na

základě porozumění referenčnímu ekosystému. Protokol pro monitoring a hodnocení by měl být připojen k plánu obnovy před začátkem projektu. SER (2004) uvádí 3 možné strategie pro vyhodnocení: přímé srovnání, atributová analýza a analýza vývoje. V případě přímého srovnání se vybrané parametry změří nebo určí na referenčních a na revitalizovaných stanovištích. Pro důkladné srovnání je vhodných asi 20 až 30 parametrů, které zahrnují aspekty biotické i abiotické. Toto hodnocení je postiženo největší mírou subjektivity. Atributová analýza spočívá v kvantitativním hodnocení dat z připraveného seznamu parametrů. Analýza vývoje srovnává velké soubory dat, které se v revitalizované lokalitě sbírají s určitou pravidelností a postihují tak trend vývoje. Z trendu je nejlépe patrné, zda vývoj směřuje k referenčním podmínkám.

Palmer et al. (2005) navrhuje 5 kritérií hodnocení úspěšnosti říčních revitalizací s důrazem na ekologické hledisko a poskytují příklady vhodných ukazatelů. Při splnění těchto kritérií lze projekt považovat za ekologicky úspěšný.

1. Návrh revitalizace by měl vycházet z jednoznačné představy požadovaného dynamičtějšího a zdravějšího říčního ekosystému, který je v dané lokalitě existence schopný (s přihlédnutím k přírodním i socioekonomickým podmínkám povodí). Možnými ukazateli úspěšnosti tohoto kritéria je prezentování návrhu a popis požadovaných cílů, které nejsou orientovány na jediný neměnný konečný stav.
2. Ekologické podmínky řek musí být revitalizačními opatřeními znatelně zlepšeny. Možnými ukazateli úspěšnosti jsou zlepšení kvality vody, přirozený fluvialní režim, nárůst životaschopné populace vybraných (cílových) druhů, nárůst podílu původních vs. nepůvodních druhů, rozšíření příbřežní vegetace, nárůst funkcí ekosystému, zlepšení limitujících faktorů pro dané druhy nebo životní stádia (např. pokles podílu jemného materiálu v trdlištích či pokles teploty vody).
3. Obnovený říční ekosystém musí být **soběstačný** a odolný vůči vnějším disturbancím natolik, aby byla třeba pouze minimální následná údržba. Ukazateli úspěšnosti může být množství zásahů potřebných k udržení ekosystému či dokumentace zda ukazatele z bodu 2 zůstávají v rozmezí odpovídajících referenčních podmínek.
4. Revitalizační zásah nesmí zapříčinit nevratného poškození ekologických vlastností systému. O úspěšnosti tohoto kritéria vypovídá např. množství přesunutého nebo poškozené vegetace během realizace a její prokazatelná životaschopnost, velikost akumulací jemného materiálu v souvislosti s realizací aj.
5. Monitoring před a po realizaci revitalizačních opatření musí být kompletní a data z něj získaná musí být dostupná veřejnosti.

Jansson et al. (2005) veskrze souhlasí s 5 výše uvedenými kritérii, která by určitým rozmezím hodnot vhodných ukazatelů měla značně zjednodušit hodnocení úspěšnosti obnovy říčních ekosystémů. Jako problematické autoři spatřují určení míry soběstačnosti systému po revitalizaci a jako nutné definování času potřebného pro obnovu ekosystému, než bude objektivně hodnotit efekt

revitalizací. Navrhují proto šesté kritérium, které spočívá v jednoznačné formulaci ekologických mechanismů, pomocí nichž má být dosaženo předpokládaných cílů.

Výběr a užití vhodných ekologických ukazatelů k hodnocení efektu revitalizací je nyní hlavní oblastí výzkumu, podle měly být snadno měřitelné, citlivé na změny systému a ideálně komplexní. Nejefektivnější revitalizační projekty spojují funkční říční ekosystém s minimálními náklady na údržbu, spokojenost investorů i veřejnosti a přínos pro budoucí revitalizační akce.

Z legislativy některých států světa vyplývá princip kompenzace škod působených na životním prostředí. V U.S. je princip kompenzace uplatňován od r. 1976 na mokřady, v Kanadě se od r. 1986 vztahuje na životní prostředí ryb, Holanďané uplatňují od r. 1993 kompenzační princip na chráněná území. Systém kompenzací se dále používá ve Švédsku a v případě těžby, silnic a letištních ploch i ve Spojeném království. Jeden z nejlépe rozvinutých kompenzačních systémů funguje od r. 1976 v Německu (Tischew et al., 2008). Zde je tento princip uplatňován např. i v protipovodňové ochraně a za újmu je mimo jiné pokládáno i omezení rozlivových ploch v souvislosti s ochranou zastavěného území protipovodňovými hrázemi (Just, 2009). Mezi nejčastěji realizovaná kompenzační opatření patří zakládání luk a pastvin a lad na neobhospodařované půdě, přeměna intenzivně využívaných luk a pastvin na extenzivně využívané, zakládání malých vodních nádrží či revitalizace malých vodních toků a dále také komplexní opatření jako revitalizace lesů či mokřadů. Podle Tischew et al. (2008), kteří hodnotili kompenzační plány a úspěšnost kompenzací na 119 vybraných lokalitách v Německu, bylo však zcela nebo téměř dosaženo pouze 33 % plánovaných kompenzačních cílů. Šetření odhalilo, že vedle nevhodných místních podmínek, nevhodných metod provedení a nedostatečného sledování v období po realizaci opatření, mělo na nedosažení plánovaných cílů vliv také množství úskalí, kterým by se dalo vyhnout rychlejším zavedením vyspělých realizací revitalizačních opatření. Instrukce v kompenzačních plánech byly velmi neurčité, chyběly nebo byly nesprávné, což často vedlo k nedostatkům v následné péči o biotopy. Tischew et al. (2008) doporučují standardizované kontrolní postupy zahrnující plánování, realizaci, monitoring dosažení cílů a následnou údržbu lokality za účelem zlepšení kompenzačního úspěchu. Kontrola plánování by měla být zaměřena na to, zda jsou definovány konkrétní ekologické cíle týkající se nápravy poškozených funkcí prostředí, zda je hodnocení biotických i abiotických místních podmínek adekvátní, aby mohla být posouzena vhodnost stanoviště v souladu s kompenzačními cíli, zda následný management zahrnuje dostatečnou dlouhodobou ochranu a údržbu a že je stanoven monitorovací protokol zahrnující kritéria pro hodnocení úspěšnosti. Monitorování by mělo pokračovat nejméně 25 let, což se zdá minimální doba pro vyvinutí základních komponent a funkcí ekosystému.

Brooks et al. (2002) testovali během letních měsíců roku 1998 na podhorském toku Miltown Creek v severní Virginii hypotézu, zda zvýšení heterogenity habitatu dna toku vede k rychlejšímu obnovení, anebo vyšší druhové bohatosti bezobratlých. Heterogenita habitatu byla definována jako podíl částic dna různé velikosti. Studie simulovala lokální degradaci a revitalizaci kamenitého potoka. Při simulované degradaci dna toku (ponechání substrátu malé heterogenity, rozkopání, přehrabání a

vyrovnání substrátu dna) byla úmrtnost bezobratlých 67 %. Autoři nicméně zjistili, že při znovuoobnovení množství, druhové bohatosti a složení společenství bezobratlých při odlišných podmínkách heterogenity nejsou velké rozdíly. Celková abundance se mezi úseky s vysokou a nízkou heterogenitou lišila pouze o 17 % a početnost druhů o méně než 15 %. Výsledky tedy nepodpořily hypotézu, že znovuoobnovení společenstva bezobratlých je závislé na heterogenitě habitatu dna toku. Slabá odpověď struktury společenstva na změny heterogenity habitatu byla o to překvapivější, že simulovaná úprava (degradace) dna toku nezměnila pouze heterogenitu dna, ale také velikost a prostorovou variabilitu proudění. Výsledky studie (Brooks et al., 2002) podporují názor některých ekologů, že změny ve struktuře společenstva bezobratlých jsou slabým indikátorem environmentálních změn v prostředí s vysokou variabilitou obývaném mobilními, dočasnými druhy. Biomonitoring je tak vhodnější soustředit na sledování funkcí ekosystému (např. toky energie nebo hmoty, které jsou méně variabilní).

Schabuss et al. (2006) se zabýval vhodným způsobem hodnocení stavu před a po revitalizaci a úspěšností provedených revitalizačních opatření v případě 50 km dlouhého úseku Dunaje z Vídně až po rakousko – slovenské hranice. Monitoring pro následné hodnocení byl opět založen na výběru vhodných bioindikátorů, jejichž nároky poskytují základní informace o jejich biotickém i abiotickém prostředí. Zkušenosti z jiných revitalizačních programů na Dunaji ukázaly, že vhodný sled indikátorů je schopný v případě velkých říčních systémů obsáhnout rozmanité účinky inženýrských opatření (Schabuss et al., 2006). Preferováno bylo použití skupin organismů: vodní vegetace (makrofyty), vegetace přibřežní a inundační zóny, suchozemská přibřežní společenstva (brouci, motýli, cvrčci), makrozoobentos, vážky, měkkýši, obojživelníci, ryby a ptáci. Sběr dat indikačních skupin nevyžaduje vysoké úsilí ve srovnání s výběrovým šetřením jednotlivých druhů, navíc poskytuje důležité doplňující parametry společenství k určení biodiverzity, úrovněho stupně ekosystému a nedotčenosti prostředí. Strukturu monitorovacího programu tvoří několik biotických i abiotických pracovních komplexů, složených z jednotlivých indikátorů. Jako abiotické indikátory byly vybrány hydrologie a hydraulika povrchových i podzemních vod, transport sedimentů, změny v morfologii a plavba, jako biotické indikátory dynamika krajiny, diverzita habitatu, biodiverzita a ekologické funkce a procesy. Zjišťuje se, jak biotické podmínky závisejí na abiotických parametrech a jaké jsou zpětné vazby od biotických k abiotickým podmínkám. Z jednotlivých šetření jsou pomocí modelů předpovídány reakce ekosystému na revitalizační opatření. V rámci projektu budou nejprve revitalizační opatření realizována na 3 km dlouhém testovacím úseku, aby se potvrdila jejich efektivita i efektivita doprovodného monitoringu a na základě zpětných vazeb z ekohydrologického monitoringu a provedených opatření pak budou revitalizační opatření realizována v celé délce (Schabuss et al., 2006).

Podle Justa (2005) jsou efekty, kterých má být v rámci revitalizací dosaženo, případ od případu natolik odlišné, že není možné vytvořit jednotný univerzální systém hodnocení revitalizačních efektů, který by na základě „bodování“ souboru určitých parametrů vyhodnotil nárok záměru či

projektu např. na dotační podporu. Ve stávající praxi Programu revitalizace říčních systémů funguje a osvědčuje se systém posuzování záměrů a projektů kolektivem expertů z různých oborů. Pokud má být vytvářena metodika objektivního hodnocení záměrů a realizací revitalizací, měla by například v podobě souboru kontrolních otázek, které zajistí neopomenutí žádného z možných hledisek, sloužit jako pomůcka pro rozhodující experty, rozhodně by však neměla systém expertního hodnocení nahradit. Některé pokusy o hodnocení efektu a nákladů provedených revitalizačních úprav v ČR jsou uvedeny v bakalářské práci autorky (Kujanová, 2008).

Objektivní hodnocení úspěšnosti realizace revitalizačních opatření vodních toků je velmi obtížné stanovit, protože cílem revitalizace není vytvoření určitého konečného stavu, ale vytvoření systému, v němž bude inicializován další vývoj bez potřeby výrazných zásahů člověka. Dosažení požadovaného stavu je tak velmi dlouhodobá záležitost, ve které je kromě neustálého vývoje ekosystému třeba zahrnout i pravděpodobnost určitých disturbancí, jenž vrací ekosystém ve vývoji zpět a zároveň mohou podněcovat vývoj odchylující se od „původního plánu“.

2.4.4 Výsledky průzkumu vlivu revitalizace na ekologický stav vybraných malých vodních toků

V povodí Slubice byly v období 1997-1999 realizovány dvě revitalizační úpravy, revitalizace Slubice o celkové délce 783 m v úseku mezi obcí Chlum a soutokem s Černým potokem a revitalizace Černého potoka v délce 447 m mezi státní silnicí směr Ždírec n. D. – Hlinsko a zaústěním Černého potoka do Slubice (viz příloha 4). Oba projekty revitalizací byly zadány Státní meliorační správou, regionální kancelář Hradec Králové. Oběma projektům revitalizace předcházela studie Revitalizace říčního systému dílčích povodí potoků Chobotovského, Dlouhého, Barchaneckého a Vítance (CIFA, 1996). Projekt Revitalizace Slubice byl zpracován pražským atelierem CIFA (Zuna, 1997), Projekt Revitalizace Černého potoka zpracovala pardubická projekční kancelář Agro – Aqua (Karabec, 1997). V roce 2007 byla vytvořena projektová studie a následně v roce 2008 projekt na revitalizaci Barchaneckého potoka pod hrází rybníka Januš, jako součást rozsáhlé akce „rekonstrukce a odbahnění rybníka Januš“ (Nečas, 2007, 2008), která v současné době probíhá. Detailněji jsou stavy před revitalizací, revitalizační záměry a současný stav „obnovených“ úseků na základě výstupů ekomorfologického monitoringu uvedeny v bakalářské práci autorky (Kujanová, 2008). Jako hlavní nedostatek realizovaných „revitalizačních opatření“ nebo spíše biotechnických úprav v povodí Slubice se jeví komplexní pojetí, které by zahrnovalo i dostatečně široký pás doprovodných porostů a nivy, a vyřešení majetkových vztahů, které by umožnilo návrh nové trasy koryta.

Studie Kliment a kol. (2008) se zabývá hodnocením stability a vývoje revitalizovaného koryta Sviňovického potoka v pramenné oblasti Blanice. Fluviálně-geomorfologický a hydrologický výzkum zde byl zahájen bezprostředně po provedené revitalizaci, na jaře 2005, a stále pokračuje. Cílem revitalizace bylo obnovení základních parametrů potočního biotopu napřímeného koryta opevněného betonovými prefabrikáty, které spočívalo v zvětšení hloubky stálé hladiny vody, snížení rychlosti,

vytvoření proudových stínů pro akumulaci splavenin, zvýšení samočistící schopnosti vody a zpomalení odtoku vody z krajiny, přičemž prvním krokem úprav bylo odstranění opevnění koryta. Koryto bylo v původní trase rozvolněno, došlo ke zmírnění sklonu břehů, zpevnění pat břehů kamenem ze snosů a vytvoření 20 kamenných prahů nepřevyšujících 30 cm, za účelem zvýšení stability dna a břehů. Revitalizované koryto vykazuje intenzivní hloubkovou i boční erozi, ale i rozsáhlé dnové akumulace. V průběhu prvního půlroku po realizaci převažovalo mírné až střední zahlubování koryta (v rozmezí 5 – 20 cm), do jednoho roku od realizace došlo k rozšíření profilů dna z 30 cm o dalších cca 20 cm. Během roku 2006 došlo v souvislosti s několika významnými srážko-odtokovými událostmi k výrazné hloubkové (i více než 30 cm) i boční erozi (až 1 m), některé dříve prohloubené profily byly naopak zaneseny vrstvou sedimentu o mocnosti 25 – 30 cm. Od podzimu 2006 dále dochází k ústupu břehové hrany nárazových břehů a dnové akumulaci (erozi) na začátku (konci) transportních úseků. V roce 2007 provedl vlastník toku (ZVHS Prachatice) závoz lomového kamene k největším nátržím (Kliment a kol., 2008).

V brněnské pobočce VÚV T.G.M., v.v.i. byl v letech 2004-2006 řešen výzkumný projekt s názvem *Výsledky průzkumu vlivu revitalizace na ekologický stav vybraných malých vodních toků* zaměřený na revitalizaci malých vodních toků realizované v rámci Programu revitalizace říčních systémů. Cílem projektu bylo zhodnocení revitalizačních zásahů, navržení metodiky hodnocení revitalizačního efektu v měřítku povodí a posouzení vlivu revitalizačních zásahů na změnu ekologického stavu sledovaných malých toků. Konkrétně bylo v rámci každé z 29 lokalit provedeno mapování biotopů a využití krajiny se zaměřením na nivu vodních toků a průzkum antropogenních vlivů (z důvodu posouzení vývoje břehové a doprovodné vegetace), posouzení změn hydromorfologie koryt vodních toků, změn ve společenstvech fytozobentosu, makrozoobentosu a rybí obsádky toků. Práce zahrnuje také podrobné průzkumy jakosti vod (Rozkošný a kol, 2007, Rozkošný, 2008).

Posuzována byla míra přiblížení k požadovanému, předem definovanému, cílovému stavu ekosystému s využitím sítě referenčních lokalit (vždy zvolen nerevitalizovaný úsek, jehož základní morfologické charakteristiky odpovídají geografické poloze revitalizovaného úseku) a také vývoj dané lokality od stavu před revitalizací (Rozkošný, 2006).

Hlavními výstupy projektu měla být doporučení pro zpracování návrhů opatření na dosažení dobrého stavu ve smyslu Rámcové směrnice o vodách zejména pro vodní útvary silně ovlivněné morfologickými změnami a dále definování požadavků na předběžný monitoring před návrhem revitalizačních prací na vodních tocích a v příbřežní zóně (Rozkošný, 2006).

Jednou z lokalit posuzovaných v rámci tohoto projektu byla revitalizace na Slubici a Černém potoce před jejich soutokem (zájmový úsek je vyznačen zeleně v příloze 4). V zájmové lokalitě byly v rámci revitalizace realizované v roce 1997-1999 provedeny drobné zásahy v korytě toku spočívající především ve vložení zdrsnujících prvků – nízkých prahů a stupňů s cílem dosažení vyšší morfologické členitosti koryta (Rozkošný, 2008). Podrobněji jsou revitalizační úpravy v povodí Slubice popsány v kapitole 4.10 bakalářské práce autorky (Kujanová, 2008).

V tabulce 2.3 je uveden seznam parametrů a indikátorů, které by měly být brány v úvahu při komplexním hodnocení dopadu revitalizací podle výsledků výše uvedeného výzkumu (Rozkošný, 2006). Jako nezbytné se podle autora ukazuje posouzení vlivu znečištění vody, transportu plavenin a splavenin, vývoj společenstva makrozoobentosu od potenciálně přirozeného stavu, který je charakterizován hydromorfologickými parametry zjištěnými aplikací některé z metod hydromorfologického průzkumu, posouzení vlivu využití půdy a stavu krajiny v povodí včetně stanovení jejího ekologického potenciálu (Rozkošný, 2006).

Z výzkumu vyplývá, že mezi hlavní negativní vlivy působící v revitalizovaných lokalitách na vývoj stavu vodního ekosystému patří zejména znečištění spojené s vypouštěním odpadních vod a splachy způsobené erozí na zemědělské půdě, kde není dostatečně široké nárazníkové pásmo mezi vodními toky a okolními zemědělskými pozemky. Intenzivní hospodaření na malých vodních nádržích vede ke snižování jakosti vody, úniku nevhodných druhů ryb do vodních toků, úniku fytoplanktonu a následnému zhoršení ekologického stavu vodních toků (jako např. i na Slubici). Velký význam pro eliminaci znečištění mají tůň budované na místech výustí drenážních systémů okolních pozemků nebo i napájené vodou z toku. Pro vývoj morfologie koryta ukázalo se podstatně vhodnější úplné odstranění opevnění a ponechání pouze stabilizačních prvků zamezujících hloubkové erozi než zvyšováním členitosti koryta vkládáním různých prvků (Rozkošný, 2006).

Složka ekosystému	Indikátor	Hodnocené parametry
Morfologie – koryto toku	Podélný profil	Spád
		Příčné překážky (počet, výška, materiál)
		Výskyt tůní a peřejí (počet, hloubka)
		Stabilita výmolů
		Materiál opevnění dna
		Příčný profil
		Opevnění paty a svahů koryta
	Hydraulické parametry	Stabilita koryta
		Kapacita koryta
		Rychlost proudění (Q/h křivka)
		Průtokový režim
		Materiál (substrát)
		Zrnitostní složení
		Splaveniny
Využití krajiny (landuse)	Management krajiny	Splaveninový režim
		Zrnitostní složení
		Původ splavenin
		Plaveniny
		Lokalizace a pohyb „mrtvého dřeva“
		Retenční kapacita koryta
		Doba zdržení vody v úseku
	Management krajiny	Analýza ploch využití krajiny
		Způsob hospodaření, hnojení, užití ochranných látek (doba aplikace, množství)
		Osevní postupy
Tlaky na stav vodních ekosystémů	Zdroje znečištění	Vodní a suché nádrže
		Průzkum a lokalizace bodových a plošných zdrojů znečištění
		Využití vody
		Odběr vody
		Odvodnění a závlahy

Složka ekosystému	Indikátor	Hodnocené parametry
Voda	Ukazatele jakosti vody	Fyzikální ukazatele
		Kyslíkový režim
		Organické znečištění
		Nutrienty, poměr C:N:P
		Trofie vody, chlorofyl-a
		Specifické znečištění (TK, SOL, NEL)
		Toxicita vody
Dnové sedimenty	Materiál	Zrnitostní složení
		Ukazatele znečištění
		Obsah sušina
		Nutrienty
		Makroprvky
		Mikroprvky
Vegetace	Mikrovegetace	Specifické organické látky (PCB, PAU, apod.)
		Abundance fyto bentosu a perifytonu, Pokryvnost
	Makrovegetace	Index saprobity
		Výskyt biotopů, Indikační druhy
		Výskyt druhů rostlin a dřevin
		Stav vegetace
		Výskyt invazních neofyt a domácích expanzivních druhů
		Stupeň odpřírodnění
		Stanovení stádia sukcese
		Míra zastínění koryta toku
Zoosložka	Makrozoobentos	Struktura společenstva
		Stupeň odpřírodnění, Indexy predikovaného složení společenstva
		Indexy dominance, diverzity, atd.
		Index saprobity
	Ostatní bezobratlí	Výskyt druhů v okolí toku (vázaných na vodní prostředí)
	Ryby	Struktura rybiho společenstva
		Druhové složení a četnost společenstev, juvenilních ryb (plůdku)
	Ostatní obratlovci	Výskyt druhů v okolí toku (vázaných na vodní prostředí)

Tabulka 2.3 Přehled indikátorů pro komplexní zhodnocení dopadu revitalizací

Zdroj: Rozkošný (2006)

2.4.4.1 Výsledky projektu pro zájmovou lokalitu Slubice a Černý potok

Průzkum aktuálního stavu a využití krajiny uskutečněný v letech 2005 a 2006 se zaměřoval především na stav oživení, splaveninový režim, znečištění a vymapování výskytu biotopů. Výstupy byly zpracovány pomocí GIS (viz mapy 2.1, 2.2). Zájmové lokality Slubice a Černý potok byly vyhodnoceny jako rizikové z hlediska nestabilního využívání pozemků přilehlých ke korytu vodního toku zejména z důvodu rozorávání až k břehové čáře či využívání těchto pozemků k produkci píce (viz mapa 2.2).

Kvalita vody

Odběrový profil jakosti vody byl na Slubici nad soutokem s Černým potokem a na Černém potoce nad státní silnicí. Protože nebylo finančně a časově možné ani účelné provádět 12 odběrů ročně, nebyly počítány charakteristické hodnoty souboru dat C90 a hodnocení bylo provedeno podle

maximálních hodnot, tedy maximální možnou mírou rizika znečištění vyjádřené daným ukazatelem (Rozkošný, 2007). Rámcově tedy bylo provedeno zařazení výsledků do tříd jakosti vody podle ČSN 75 7221 na základě maximálních zjištěných hodnot. Souhrnné výsledky jakosti vody ve dvou výše uvedených profilech (Slubice a Černý potok) jsou uvedeny v tabulkách 2.4 a 2.5. Dlouhodobý stav jakosti vody byl sledován pomocí analýzy společenstva fytozobentosu (v letech 2005 a 2006, vzorky odebírány dvakrát ročně) a makrozoobentosu (v roce 2005, podle metody PERLA) a výpočtem indexu saprobity podle ČSN 75 7716 (Rozkošný a kol., 2007, Rozkošný, 2007).

Na základě analýzy vzorků fytozobentosu byla Slubice vyhodnocena jako mírně eutrofní. Na bohatství řasové flóry se nepochybně podílela i skutečnost, že potok protéká rybníkem. Saprobni index dosáhl hodnoty 1,61, což je značně vyšší hodnota než v případě Černého potoka, který byl vyhodnocen jako oligotrofní až mezotrofní (průměrná hodnota saprobního indexu ze všech mikrobiotopů byla poměrně nízká – 1,26). Podle analýzy výsledků rozborů vzorků vody, které byly odebrány v letech 2005 a 2006, se jakost vody v obou tocích významně liší v ukazatelích znečištění nutriety a v biologických ukazatelích oživení vody (tabulka 2.6). Zatímco na Černém potoce byly hodnoty organického znečištění a znečištění nutrienty zařazeny do II. třídy čistoty vod, na Slubici nad ústím Černého potoka bylo v případě nutriet dosaženo III. třídy čistoty (díky vyšším hodnotám koncentrace dusičnanů). Na Slubici byly naměřeny výrazně vyšší koncentrace chlorofylu-a (vliv rybníka), a to v průměru $80 \mu\text{g.l}^{-1}$ oproti průměrné dosažené hodnotě $1,9 \mu\text{g.l}^{-1}$ v profilu na Černém potoce, což řadí Slubici v rámci biologických ukazatelů až do IV. třídy čistoty vody, viz tabulka 2.6 (Rozkošný a kol., 2007).

Ukazatel	Jednotka	Minimum	Průměr	Maximum	Třída čistoty dle ČSN
teplota vody	°C	2,2	11,4	18,8	-
rozpuštěný kyslík	mg.l^{-1}	7,7	9,8	11,4	I
vodivost	mS.m^{-1}	20,6	29,7	37,5	I
pH	-	7,09	7,58	8,49	-
nerozpuštěné látky	mg.l^{-1}	1	4	9	I
CHSK-Mn	mg.l^{-1}	2,9	4,0	5,1	I
N-NH_4^+	mg.l^{-1}	0,02	0,13	0,47	II
N-NO_3^-	mg.l^{-1}	2,9	4,1	6,3	III
N-NO_2^-	mg.l^{-1}	0,02	0,05	0,09	-
celkový dusík	mg.l^{-1}	3,03	4,90	6,86	-
celkový fosfor	mg.l^{-1}	0,03	0,08	0,13	II
Cl^-	mg.l^{-1}	14,7	24,2	34,3	I
SO_4^{2-}	mg.l^{-1}	27,3	35,4	38,7	I
TC	mg.l^{-1}	9,99	17,95	23,7	-
IC	mg.l^{-1}	3,59	11,28	15,99	-
TOC	mg.l^{-1}	3,86	6,67	8,52	II
chlorofyl-a	$\mu\text{g.l}^{-1}$	5,0	80,0		IV
trofický potenciál	mg.l^{-1}	76,1	80,1	87,6	-
alkalita	mmol.l^{-1}	0,4	1,2	1,8	-
acidita	mmol.l^{-1}	0,3	0,4	0,5	-

Tabulka 2.4 Souhrnné výsledky jakosti vod - Slubice

Zdroj: Rozkošný a kol. (2007)

Ukazatel	Jednotka	Minimum	Průměr	Maximum	Třída čistoty dle ČSN
teplota vody	°C	1,7	10,1	17,5	-
rozpuštěný kyslík	mg.l ⁻¹	8,2	10,1	11,7	I
vodivost	mS.m ⁻¹	13,1	16,0	19,9	I
pH	-	6,88	7,56	8,56	-
nerozpuštěné látky	mg.l ⁻¹	0	1	3	I
CHSK-Mn	mg.l ⁻¹	2,4	4,4	5,9	I
N-NH ₄ ⁺	mg.l ⁻¹	0,02	0,04	0,08	I
N-NO ₃ ⁻	mg.l ⁻¹	1,7	3,1	4,8	II
N-NO ₂ ⁻	mg.l ⁻¹	0,02	0,02	0,02	-
celkový dusík	mg.l ⁻¹	2,45	3,52	5,33	-
celkový fosfor	mg.l ⁻¹	0,03	0,03	0,04	I
Cl ⁻	mg.l ⁻¹	3,6	6,8	16,9	I
SO ₄ ²⁻	mg.l ⁻¹	24,2	26,2	27,5	I
TC	mg.l ⁻¹	6,78	10,95	14,49	-
IC	mg.l ⁻¹	0,67	5,23	7,85	-
TOC	mg.l ⁻¹	3,39	5,72	7,46	II
chlorofyl-a	µg.l ⁻¹	0,8	1,9	3,2	I
trofický potenciál	mg.l ⁻¹	43,6	69,9	94,2	-
alkalita	mmol.l ⁻¹	0,3	0,8	1,4	-
acidita	mmol.l ⁻¹	0,3	0,4	0,5	-

Tabulka 2.5 Souhrnné výsledky jakosti vod – Černý potok

Zdroj: Rozkošný a kol. (2007)

Slubice		Černý potok	
Skupina ukazatelů	Třída čistoty dle ČSN	Skupina ukazatelů	Třída čistoty dle ČSN
Organické znečištění	II	Organické znečištění	II
Nutrienty	III	Nutrienty	II
Zasolení	I	Zasolení	I
Biologické ukazatele	IV	Biologické ukazatele	I

Tabulka 2.6 Vyhodnocení podle skupin ukazatelů

Zdroj: Rozkošný a kol. (2007)

Z výsledku statistického hodnocení celého souboru vodních toků bylo v rámci hodnocení společenstva makrozoobentosu zjištěno, že revitalizace hodnocených vodních toků neměla na změnu jejich bentického společenstva statisticky významný vliv (Rozkošný a kol., 2007).

Rybí obsádka

Slubice a její přítok Černý potok jsou malé toky pstruhového pásma s charakteristickým výskytem druhově chudého rybího společenstva. Cílem průzkumu realizovaného 13.9.2006 bylo posouzení současného stavu rybího společenstva porovnáním revitalizovaných a referenčních úseků. K revitalizovanému úseku Slubice nad soutokem s Černým potokem (délka proloveného úseku 100 m, šířka 1,2 m) byl jako referenční zvolen úsek pod soutokem s Černým potokem (délka proloveného úseku 50 m, šířka 2,4 m). K revitalizovanému úseku na Černém potoce pod silničním mostem (délka proloveného úseku 105 m, šířka 2,7 m) byl jako referenční zvolen úsek nad silničním mostem (délka

proloveného úseku 50 m, šířka 3 m). Oba referenční úseky jsou tvořeny meandrujícím tokem s podemletými břehy vytvářejícími dostatek úkrytů (Rozkošný a kol., 2007).

druh/lokalita		revitalizovaný úsek			referenční úsek		
latinský název	český název	ks	ks/ha	0+	ks	ks/ha	0+
<i>S. trutta</i>	pstruh o. potoční	2	167	1	12	857	
<i>R. rutilus</i>	plotice obecná	1	83				
<i>L. cephalus</i>	jelec tloušť	2	167				
<i>P. parva</i>	střevlička východní	5	417		8	571	
<i>G. gobio</i>	hrouzek obecný	9	750		15	1071	
<i>T. tinca</i>	lín obecný	1	83				
<i>B. barbatula</i>	mřenka mramorovaná	7	583		4	286	
<i>L. lota</i>	mník jednovousý				1	71	
<i>A. anguilla</i>	úhoř říční	1	83				
<i>P. fluviatilis</i>	okoun říční	1	83		5	357	
<i>C. gobio</i>	vranka obecná	8	666		6	429	
Celkem		37	3083		51	3643	
Počet druhů adultních ryb (1+ a starší)		10			7		
Počet druhů plůdku (0+)		1			0		
Počet druhů celkem		10			7		

Tabulka 2.7 Výsledek ichtyologického výzkumu – Slubice

Zdroj: Rozkošný a kol. (2007)

Základ rybího společenstva sledovaných úseků tvoří pstruh obecný potoční a vranka obecná, kteří jsou, zejména na Černém potoce, zastoupeni více věkovými kategoriemi. Doplnkovými početněji zastoupenými druhy jsou mřenka mramorovaná a hrouzek obecný, ale u těchto druhů nebyli zjištěni jedinci mladších věkových kategorií. Počet zjištěných druhů na revitalizovaných i referenčních úsecích je zvýšen výskytem druhů pocházejících s největší pravděpodobností z rybníků ležících v povodí (plotice, lín, okoun atd.). Podrobněji situaci vyjadřují tabulky 2.7 a 2.8. V porovnání s revitalizovaným úsekem Černého potoka je tedy druhové spektrum vyšší na Slubici, jedná se však o ryby uniklé z výše ležícího rybníka Mlynářka, jímž navíc svědčí revitalizační úpravy v podobě jízku a hlubších tůní. Početnost těchto druhů je však velmi nízká (Rozkošný a kol., 2007).

druh/lokalita		revitalizovaný úsek			referenční úsek		
latinský název	český název	ks	ks/ha	0+	ks	ks/ha	0+
<i>S. trutta</i>	pstruh o. potoční	17	599	8	28	1867	2
<i>B. barbatula</i>	mřenka mramorovaná	15	528				
<i>L. lota</i>	mník jednovousý	1	35				
<i>P. fluviatilis</i>	okoun říční	1	35				
<i>C. gobio</i>	vranka obecná	23	810	11	4	267	7
Celkem		57	2007		32	2133	
Počet druhů adultních ryb (1+ a starší)		5			2		
Počet druhů plůdku (0+)		2			2		
Počet druhů celkem		5			2		

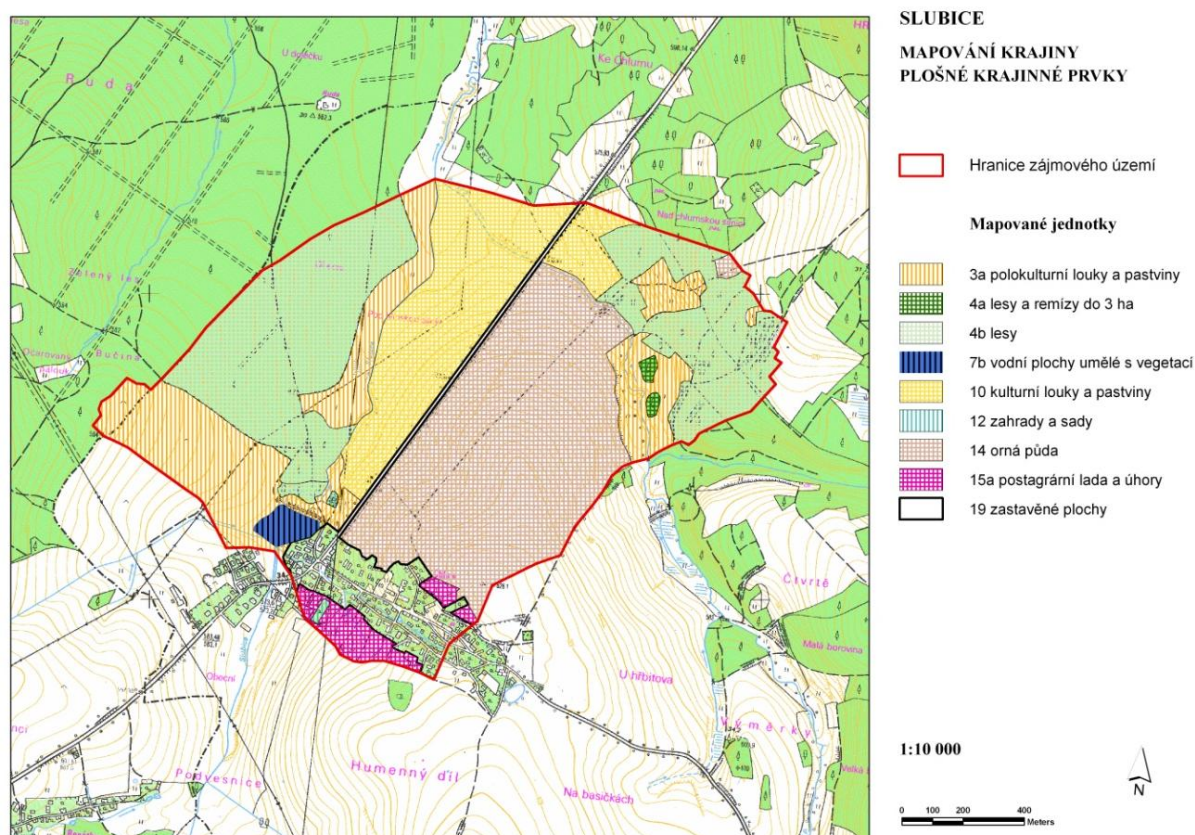
Tabulka 2.8 Výsledek ichtyologického výzkumu – Černý potok

Zdroj: Rozkošný a kol. (2007)

Na sledovaných profilech byl tedy potvrzen výskyt chráněné vranky obecné a mníka jednovousého (zák. č. 114/1992 Sb., O ochraně přírody a krajiny.). Z kvantitativního pohledu byla zjištěna vyšší hustota pstruha obecného potočního na referenční lokalitě. Naopak u mřenky mramorované a vranky obecné byla zjištěna vyšší hustota na revitalizační lokalitě s menší hloubkou vody (tabulka 2.7 a 2.8).

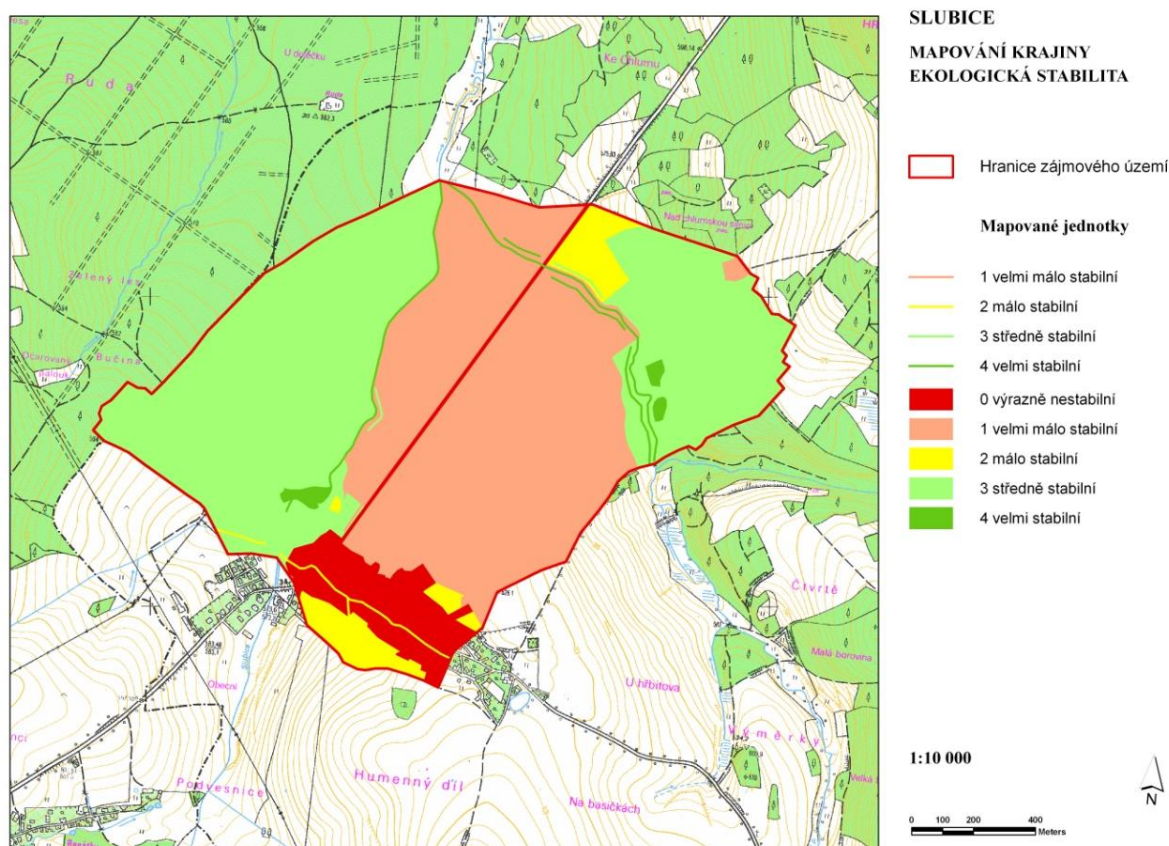
Shrnutí výsledků

Z dvouletého sledování bylo zjištěno ovlivnění stavu toku a kvality vody malou vodní nádrží Mlynářka vybudovanou přímo na toku Slubice v obci Chlum, využívanou k rekreaci a rybolovu, jejíž eutrofní charakter má zásadní vliv na jakost vody ve Slubici a dále se toto ovlivnění projevuje výskytem nežádoucích druhů ryb v revitalizovaném úseku pod nádrží a komunálními odpadními vodami (Rozkošný, 2008). V zájmové lokalitě bylo zjištěno také potenciální ovlivnění vodního ekosystému intenzivní zemědělskou produkcí, kdy především splachy z rozsáhlého pole mohou mít zásadní význam na jakost vody. Situaci vystihuje mapa plošných krajinných prvků 2.1 a mapa ekologické stability 2.2, ze které je patrná rozsáhlá velmi málo stabilní plocha polí a luk podél vodních toků v centrální části zkoumané lokality (Rozkošný, 2007). Co se týče zhodnocení průzkumu rybí obsádky, nevytvořil revitalizovaný úsek vodního toku Slubice významně vhodnější podmínky pro život původních druhů ryb, naopak se projevil vyšší výskyt imigrantů ze stojatých vod – rybníku ležícího na toku nad revitalizovaným úsekem (Rozkošný a kol., 2007, Rozkošný, 2008).



Mapa 2.1 Mapování krajiny revitalizované lokality - plošné krajinné prvky
Zdroj: Procházková a kol. (2007)

Vyhodnocení ekologické stability pomocí koeficientu ekologické stability ukázalo průměrné ovlivnění ($P_{Kes} = 0,87$), podle hodnocení stupně ekologické stability je sledovaná část povodí ekologicky nestabilní (53,53 % nestabilních ploch z celkové plochy území) (Rozkošný, 2007).



Mapa 2.2 Mapování krajiny revitalizované lokality – ekologická stabilita

Zdroj: Procházková a kol. (2007)

2.5 MRTVÉ DŘEVO VE VODNÍCH TOCÍCH

Zatímco břehová vegetace je nesporně považována za nedílnou součást říčních ekosystémů a je hodnocena veskrze pozitivně, otázka mrtvého dřeva ve vodních tocích prozatím takové popularity nedosahuje, což může být způsobeno předsudky z předcházejících období hospodaření na vodních tocích, ale také jistě výzkumem této problematiky, která je na našem území prozatím v plenkách. K tématu revitalizačních opatření a přírodě blízkých úprav říčních ekosystémů se však funkce a význam tzv. mrtvého dřeva ve vodních tocích váže velmi úzce.

Výzkum mrtvého dřeva ve vodních tocích je poměrně mladý, započal v 60. let 20. století na SZ USA (státy Washington a Oregon), odtud se rozšířil do Kanady, Austrálie a později i do Evropy (zejména do Německa, Anglie a Francie). Nejčastějšími tématy výzkumu jsou dynamika mrtvého dřeva, kvantifikace jeho množství, dopady na hydrauliku proudění, morfologii, stabilitu koryta a v poslední době i zapojení mrtvého dřeva do ekologických vztahů. Díky tomuto vývoji již není mrtvé dřevo považováno za škodlivý jev a je běžně užíváno při „měkkých“ zásazích do koryta a při revitalizacích (Máčka, Krejčí, 2006).

V České republice je výzkum problematiky mrtvého dřeva v říčních ekosystémech téměř v počátcích, první práce vznikaly dosti účelově v rámci projekční kanceláře Šindlar v r. 2003, od r. 2003 se problematice věnuje Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., od r. 2004 Geografický ústav PřF MU (Krejčí, Máčka, 2009). V současné době je významným počinem především společný projekt Geografického ústavu Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně, Ústavu geoniky Akademie věd ČR v Brně a Ústavu nauky o dřevě Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně „Environmentální význam mrtvého dřeva v říčních ekosystémech“. Pozornost projektu je věnována struktuře, dynamice a funkci mrtvého dřeva (plavené dřevní hmoty) v říčním ekosystému, objektem zájmu jsou jednotlivé kmeny i jejich akumulace blokuující průtočný profil řeky. Jako modelové vodní toky byly vybrány horní Lužnice, Morava ve Strážnickém a Litovelském Pomoraví, Dyje v NP Podyjí a Morávka, více informací o projektu je dostupných na <http://woodinrivers.eu>.

2.5.1 Funkce a význam

Mrtvé dřevo je v říčních ekosystémech důležitým zdrojem organických látek pro mikroorganismy a na ně navazující potravní řetězec bezobratlých i obratlovců. Dřevo větších rozměrů má značný hydraulický význam, ovlivňuje proudění vody, stabilitu břehů, ukládání sedimentů, a tím i tvarování trasy koryta vodního toku (utváření tzv. říčního vzoru). Hustý kořenový systém většinou účinně chrání půdu a snižuje přísun materiálu do koryta (Máčka, Krejčí, 2006). Vlivem dřeva napadaného v korytě toku se v korytě formují četné jezy a tůňky. Mrtvé dřevo tvoří v korytě překážky, které je voda nucena obtékat, což přispívá k zvětšování zákrutů a zvyšování drsnosti koryta. Vlivem této eroze jsou stromy na březích řeky podemílány, což vede také k jejich naklánění a při konkávním břehu vznikají tůně. Za mrtvým dřevem dochází naopak k ukládání sedimentů a formují se zde písčité akumulace, které mohou vyčnívat až nad vodní hladinu (Malík, 2006). Zvýšená morfologická diverzita se projevuje zvýšenou diverzitou biologickou, struktury mrtvého dřeva například slouží jako vhodné úkryty pro ryby a má pozitivní vliv na okysličování vody. Tyto kladné vlastnosti dřevní hmoty v korytech toků doplněné navíc poměrně nízkou cenou dřevní hmoty a faktem, že se jedná o přírodní materiál podléhající postupnému rozkladu, vedou v mnoha zemích k jejímu využití při revitalizacích vodních toků (Koženy a kol., 2006).

Na druhou stranu jsou kmeny padlé do koryt toků vnímány jako možné povodňové ohrožení mostů, jezů i jiných staveb zmenšováním kapacity průtočného profilu, za povodní bývají velké kusy unášeny proudem a mohou destruktivně působit na vodní stavby, mrtvé dřevo může také ztěžovat říční plavbu (Máčka, Krejčí, 2006), proto jsou koryta toků od padlých kmenů správci toku preventivně čištěna. Ačkoli je v mnoha lokalitách zasahování do vodního prostředí z hlediska ochrany přírody a krajiny nežádoucí, předepisuje striktně tuto praxi vodní zákon (254/2001 Sb.).

2.5.2 Příklady aplikace výzkumu mrtvého dřeva ve střední Evropě

Jako opatření proti silné erozi nárazových břehů meandrů Moravy nad Litovlí, pádům vyvrácených stromů do toku a možnému ohrožení upraveného úseku Moravy dále po toku splávím byly nárazové břehy Moravy v r. 2003 zpevněny ukotvením vyvrácených kmenů. Tento pilotní projekt využití mrtvého dřeva v korytě toku v ČR (na území CHKO Litovelské Pomoraví) prozatím podle předpokladů prokázal zachytávání spláví na kotvených kmenech a převážně dobrou stabilitu kotvených kmenů v meandrech, vliv kotvených kmenů na zmírnění břehové eroze se však prozatím nepotvrdil. Ve všech sledovaných úsecích toku byla břehová eroze větší než v předcházejícím období, především ve spodní polovině oblouku meandru, která je při výrazném zvýšení vodního stavu (při povodni na jaře 2006) nejvíce exponovaná vůči proudu (Kožený a kol., 2006).

Mrtvé dřevo v souvisle zalesněných úsecích vodních toků, jakým je například horní tok řeky Mała Panew v jižním Polsku (pravostr. přítok Odry), umožňuje vysvětlení vývoje říčního koryta a záplavového území na základě dendrochronologického výzkumu. Výsledky dendrochronologického výzkumu jsou podstatně přesnější než sledování změn pouze mezi následujícími mapováními, protože užitím dendrochronologického datování může být vývoj říčního koryta a záplavového území sledovaný rok po roce za několik desítek let nazpět (Malik, 2006). V zájmových úsecích řeky Mała Panew se dendrochronologie ukázala vhodná pro identifikaci změn v morfologických charakteristikách meandrujících řek a doby, kdy probíhaly. Nejpřesnější záznam intenzity břehové eroze lze získat z datování mrtvého dřeva ležícího *in situ* pod konkávními břehy (tedy autochtonní mrtvé dřevo) a datováním obnažení kořenů. Záznam ukládání akumulací v korytě lze získat datováním mrtvého dřeva přispívajícího k formování písčných stínů. Datování nakloněných stromů přispívajících k formování písčných stínů je o 1 až 2 roky opožděno za vysokými vodními událostmi, které naklánění podmiňují.

Dendromorfologický výzkum v úsecích řeky Mała Panew ukázal, že procesy transformace v korytě závisí na výšce břehů a druhové skladbě stromů na nich. V úsecích, kde se řeka zařezává hluboko do svých naplavenin, je transformace reliéfu podmíněna vysokými vodními stavy podemílajícími konkávní břehy a dodáváním velkých kusů mrtvého dřeva do koryta. Takové mrtvé dřevo přispívá k formování velkých písčných stínů v korytě. Transformace koryta a záplavového území úseků, kde jsou břehy nízké a porostlé olšemi, je podmíněna relativně nižšími, ale soustavnými vodními stavy. Výhony tvořené skupinami olší na konkávních březích jsou postupně oddělovány od břehů a vznikají ostrovy. Oddělení ostrovů iniciuje ukládání sedimentů na konvexní straně koryta, kde se formují lavice usazeného materiálu – jesepty. V transformování dna koryta hraje roli také naklánění olší přispívající k formování malých písčných stínů (Malik, 2006).

U širokých bezlesích niv českých řek však většinou přichází v úvahu jen datování vzniku erozních či akumulačních povodňových tvarů na základě stáří stromu na tvaru se vyskytujícím, většina povodni poškozených stromů v těchto územích je totiž brzy po povodni správci toků odstraněna (Tremel, 2007).

Výše zmíněný význam mrtvého dřeva pro oživení vodních toků je tedy nesporný, problémem ale zůstává volně pohyblivé dřevo, které může ucpat např. úzké mostní propustky, v takových případech musí být mrtvé dřevo z vodních toků odstraňováno. Jak již také bylo výše zmíněno, mrtvé dřevo je bezkonkurenčně výhodným a účinným prostředkem ke zlepšování ekologického stavu vodních toků, což je v Evropě prokázáno především z revitalizací v Německu. Nejvýhodnější z hlediska nákladů i ekologie je přímé použití materiálu získaného při údržbě vodních toků v místě. V případě vkládání mrtvého dřeva do vodních toků musí být toto zafixováno např. ocelovým lanem, betonovou kotvou případně zakopáním do břehu (Just, Valentová, 2006). Jako hlavní možnosti uplatnění mrtvého dřeva v tocích v rámci přírodě blízkého vodního stavitelství uvádí Just a Valentová (2006):

- Oživení napřímeného a technicky stabilizovaného úseku vložení mrtvého dřeva pro účinné posílení členitosti (realizováno např. na řece Wertach ve Švábsku).
- Odstranění opevnění koryt a využití mrtvého dřeva k podpoře dalšího samovolného vývoje. Pokud je k dispozici potřebný prostor, mohou být vodní toky revitalizovány pouze cíleným vkládáním mrtvého dřeva, které při vhodném umístění a ukotvení pozvolna obnovuje zakřivení trasy toku. Variantou na dostatečně širokých vodních tocích je i odstranění opevnění koryta, čímž dojde k zesílení břehové eroze a stromy samy postupně do koryta napadají a ukládají se (realizace na Isaře v okolí Freisingu, kde bylo odstraněno masivní opevnění břehu a dřevo napadané do koryta v důsledku eroze břehů se ponechává v řečišti).
- Oživení monotonního vzdutého úseku toku mrtvým dřevem spojené s vytvořením trvanlivých stanovišť a úkrytů pro ryby v době kolísání hladiny v souvislosti s energetickým využíváním toku (realizace na řece Lech ve vzdouvacích stupních Kaufering a Mering – vytvoření „druhé linie břehů“ jako zimního stanoviště ryb a ochrany před hnízdicími kormorány).

Význam mrtvého dřeva při revitalizačních opatřeních tkví zejména ve zlepšení životních podmínek pro ryby, ať už se jedná o potravní nabídku nebo veškeré funkční prostory pro život ryb – trdliště, úkryty pro mladé ryby, zimní a povodňové úkryty, ochrana před predátory.

3. ZDROJE DAT A APLIKOVANÉ METODY

Základním zdrojem dat pro vyhotovení práce bylo samotné povodí Slubice, kde byla data získána opakovaným terénním monitoringem. Pro polohopisný záznam důležitých charakteristik byla využívána GPS, zaměření pro účely vykreslení příčných profilů a podélného profilu pro obě lokality navrhovaných revitalizačních opatření bylo provedeno nivelačním přístrojem. Pro zpracování podkladů pro návrh revitalizace byly použity zejména nástroje GIS, pomocí nástroje *Universal Translator* programu MapInfo byla polohopisná data převedena z formátu ESRI Shape do formátu AutoCAD DWG, situace úprav byly následně zpracovávány v programu AutoCAD. Podrobná metodika návrhu revitalizačních opatření ve dvou vybraných lokalitách je uvedena v kapitole 7.4.

Jako mapový podklad v terénu byla využívána Základní mapa ČR 1:10 000, pro zpracování dat byly využívány vektorové vrstvy DIBAVOD (1 : 10 000) jemné úseky vodních toků, vodní nádrže a hydrologické členění dostupné v rámci Hydroekologického informačního systému VÚV T. G. M. Mapa využití území byla vytvořena na základě terénního průzkumu s využitím leteckých snímků GEODIS Brno (2005 – 2009) s rozlišením 0,5 m.

Odtokové poměry pro závěrový profil *Slubice (1-03-03-018) – ústí* byly převzaty z publikace ČHMÚ Hydrologické poměry ČSSR a dále bylo v 6 profilech zájmového území od listopadu 2008 do května 2010 realizováno jedenkrát měsíčně měření průtoků hydrometrickou vrtulí (Netopil, 1970). Za účelem zjištění kvality vod bylo během hydrologického roku 2010 třikrát odebráno 6 vzorků, které byly následně zpracovány v Laboratoři ochrany vod Ústavu pro životní prostředí (PřF UK v Praze) a následně zaříděny podle ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod.

Dále byly využity vrstvy výsledků mapování biotopů NATURA 2000 (AOPK). Není-li uvedeno jinak, pořídila data sama autorka.

3.1 ZMĚNY DÉLKY A TVARU ŘÍČNÍ SÍTĚ

Pro hodnocení změn délky a tvaru říční sítě v zájmovém povodí byly použity nejprve mapy 3. vojenského mapování a mapy generálního štábu Československé lidové armády z 50. let 20. století. Tyto mapové podklady byly získány v digitální podobě z Mapové sbírky geografické sekce PřF UK.

Mapy 3. vojenského mapování byly zhotoveny v letech 1876-1883. Hlavním důvodem 3. vojenského mapování byla potřeba přesnějších map pro účely armády a zachycení změn krajiny v důsledku probíhající industrializace. Výsledné topografické mapy byly v měřítku 1:25 000. Mapovalo se na základě trigonometrických sítí na Besselově elipsoidu. Mapy generálního štábu Československé lidové armády zhotovené v letech 1952-1957 představují první původní československé kartografické dílo. Zhotoveny byly v Gauss-Krügerově zobrazení. Mapy měly být využívány nejen pro vojenské, ale i pro civilní účely, kvůli politické situaci však byly odtajněny až po

roce 1990 (Langhammer, Vajskebr, 2007). Jako současný stav říční sítě v povodí Slubice byla použita Základní mapa ČR 1:10 000 (stav k roku 2003 a 2005).

Podklady v digitální rastrové podobě byly nejprve georeferencovány v prostředí GIS. Následně byla provedena vektorizace linií toků a rozdělení toků na úseky za účelem porovnání vývoje nejen celého toku, ale i jeho dílčích částí. Mapy 3. vojenského mapování a generálního štábu ČSA se však ukázaly jako nedostatečně podrobné.

Pro přesnější vyhodnocení byly v druhé fázi srovnávány podrobnější mapy císařského povinného otisku stabilního katastru Čech v měřítku 1 : 2 880 a mapy současného katastru nemovitostí. Říční síť zájmového povodí je součástí 8 katastrálních území (KÚ): Chlum u Hlinska, Stružinec, Vítanov, Všeradov, Košinov, Krucemburk, Horní Studenec a Údavy. Oba tyto mapové podklady byly v digitální podobě poskytnuty Českým úřadem zeměměřičským a katastrálním (ČÚZK), císařské otisky ve formátu JPEG, katastr nemovitostí pro 2 KÚ (Stružinec a Údavy) jako digitální katastrální mapa (DKM) ve formátu DGN a zbývající KÚ v rastrovém formátu CIT.

V Čechách probíhalo podrobné měření pro účely stabilního katastru na základě patentu císaře Františka I. z roku 1817 v letech 1826 – 1843, na Moravě 1824 – 1836. Výsledkem podrobného mapování byly originální mapy stabilního katastru, které byly pro potřeby státní správy i jiné reprodukovány tiskem z kamene. Jeden z otisků zachycující stav krajiny v době mapování, tzv. císařský povinný otisk, kolorovaný a opatřený popisem parcelních čísel, byl určen k archivaci v Centrálním archivu pozemkového katastru ve Vídni. Základem stabilního katastru byl přesný soupis a geodetické vyměření veškeré půdy, byl již zcela založen na vědeckých základech velkoměřítkového mapového díla a tvoří proto dodnes základy současného katastru nemovitostí (ČÚZK). Mapy stabilního katastru pro zájmové území byly vymapovány v letech 1838 a 1839.

Císařské otisky stabilního katastru ve formátu JPEG byly georeferencovány v prostředí GIS a následně byla vytvořena vektorová vrstva linií vodních toků a polygonů vodních ploch. Dále byly v prostředí GIS na základě vytvořených vektorových vrstev toků pomocí nástroje *Calculate geometry* vypočítány délky jednotlivých úseků pro oba mapové podklady a tyto byly následně tabelárně vyhodnoceny.

Mapy císařského povinného otisku stabilního katastru Čech, mapy současného katastru nemovitostí a výsledky analýzy změn délky a tvaru říční sítě byly dále využity pro stanovení parametrů ekomorfologických hodnocení týkajících se upravenosti trasy toku, při stanovování referenčního stavu toku pro jednotlivé úseky, řešení vlastnických vztahů zájmových lokalit i pro poučení se z tvarů a délky říční sítě pro účely revitalizačních úprav.

3.2 EKOMORFOLOGICKÉ HODNOCENÍ - HEM (LANGHAMMER, 2007b, 2008) A ECORIVHAB (MATOUŠKOVÁ, 2003, 2007)

Za účelem vyhodnocení ekomorfologického stavu vodních toků byly v zájmovém území aplikovány metody EcoRivHab (v rámci bakalářské práce autorky – Kujanová, 2008) a HEM.

Základní srovnání obou metodik je uvedeno v tabulce 2.1. Metodiky EcoRivHab i HEM splňují kritéria Rámcové směrnice o vodní politice (2000) i ČSN EN 14614 Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek (2005).

Metodika HEM řeší otázku monitoringu hydromorfologických charakteristik toků jakožto jedné ze složek systému monitoringu ekologického stavu vodních útvarů pro naplnění požadavků Rámcové směrnice o vodní politice ES, neřeší způsob stanovení referenčního stavu ani vyhodnocení ekologického stavu vodních útvarů (Langhammer, 2007b). Hodnocení pomocí metodiky EcoRivHab je dle požadavků Rámcové směrnice, založeno na srovnání současného stavu vodního toku s referenčním stavem (tzv. potenciálním přírodním stavem), do kterého by se tok v zájmovém území formoval bez výrazných zásahů člověka. Hlavním cílem je vyhodnocení ekomorfologického stavu vodních toků s důrazem na hydromorfologické charakteristiky koryt vodních toků a ekohydrologický stav příbřežní zóny a údolní nivy. Dále slouží k identifikaci silně antropogenně ovlivněných úseků, které by měly být revitalizovány a přírodních nebo přírodě blízkých úseků, které je třeba chránit (Matoušková, 2003, 2007, 2008). Obě metody jsou založeny na terénním průzkumu doplněným o využití distančních dat (historických map, leteckých snímků atd.). V rámci metodiky EcoRivHab je nejprve provedena základní rekognoskace terénu a stanovení přírodních úseků toku (referenčního stavu toku). Podstatou obou metodik je vymezení hranic úseku vodního toku a detailní terénní mapování parametrů (vypracování hodnotících formulářů). Hodnocený tok je rozdělen na úseky heterogenní délky homogenního charakteru na základě ukazatelů půdorysného průběhu trasy toku, charakteru využití příbřežní zóny a údolní nivy a charakteru upravenosti koryta toku.

Monitoring se nevztahuje pouze na samotný vodní tok, ale na celý vodní ekosystém. Podle ČSN EN 14614 by sledování a hodnocení hydromorfologických charakteristik mělo pokrývat tyto 3 zóny říčního prostředí: (1) koryto, (2) říční břehy/příbřežní zónu, (3) inundační území. Metodika EcoRivHab vymezuje 3 mapované ekomorfologické zóny: (1) koryto toku, (2) doprovodné vegetační pásy (příbřežní zóna) a (3) údolní niva, metodika HEM vymezuje 4 mapované zóny: (1) koryto a trasa toku, (2) dno, (3) břeh a inundační území a (4) proudění a hydrologický režim. Při mapování (tedy i při číslování úseků) metodikou EcoRivHab se postupuje od pramene k ústí a hodnotí se 31 parametrů, při mapování metodikou HEM se postupuje od ústí k prameni a hodnotí se 17 parametrů. Jednotlivým dílčím parametrům je přiřazeno bodové hodnocení v rozmezí 1 až 5, přičemž 1 představuje nejlepší hodnotu. Přehled hodnocených parametrů v rámci obou metodik uvádí tabulka 3.1.

Následuje tabelární vyhodnocení sledovaných parametrů, na jejichž základě jsou pro interpretaci výsledků vytvořeny grafy a tematické mapy v prostředí GIS (Matoušková, 2003, 2008). Z ČSN EN 14614 vyplývá pro obě metodiky nutnost pro provozní a monitorovací účely uchovávat hodnocení pro jednotlivé monitorované zóny (tj. koryto, břehy/příbřežní zóna a inundační území) odděleně, především z důvodu úplnějšího porozumění výstupům a lepšího využití informací. Grafy a tematické mapy jsou proto vytvářeny pro každou jednotlivou mapovanou zónu a pro celkové hodnocení hydromorfologické kvality. ČSN EN 14614 doporučuje pro interpretaci pětistupňovou

klasifikaci, ve které jsou referenční podmínky (velmi dobrý stav) definovány jako třída 1. Pro vyhotovení tematických map hydromorfologické kvality obě metody v souladu s požadavky ČSN EN 14614 používají následujícího barevného odlišení: třída 1 – modrá, třída 2 – zelená, třída 3 – žlutá, třída 4 – oranžová, třída 5 – červená.

EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2007)			HEM (Langhammer, 2007b, 2008)	
Zóna	Hlavní parametr	Dílčí parametr	Zóna	Dílčí parametr (váha parametru)
I. Koryto vodního toku (25)	1. Morfolofie a průběh trasy koryta	1. Typ říčního údolí	I. Koryto a trasa toku (5)	1. Upravenost trasy toku (0,3)
		2. Stupeň zakřivení		2. Podélná průchodnost koryta (0,3)
		3. Charakter a tvar koryta		3. Variabilita šířky koryta (0,1)
		4. Zhloubení koryta toku		4. Variabilita zhloubení v podélném profilu (0,15)
		5. Propojení s podzemní vodou		5. Variabilita hloubek v příčném profilu (0,15)
	2. Podélný profil koryta vodního toku	1. Typ stavebních úprav 2. Přítomnost erozních a akumulčních tvarů 3. Charakter proudění 4. Variabilita hloubek (podél. p.) 5. Charakter odtoku	II. Dno (4)	1. Struktury dna (0,3) 2. Dnový substrát (0,2)
II. DVP (příbřežní zóna) (3)	3. Příčný profil koryta	1. Typ příčného profilu 2. Střední hloubka profilu 3. Variabilita šířek koryta 4. Dimenzování příčného profilu	III. Břeh a inundační území (4)	3. Upravenost dna (0,3) 4. Mrtvé dřevo v korytě (0,2)
		1. Typ substrátu dna		1. Upravenost břehu (0,3)
		2. Úpravy dna		2. Břehová vegetace (0,3)
		3. Existence mikrohabitatů		3. Využití příbřežní zóny (0,25)
		1. Vegetace břehů 2. Struktura břehové vegetace 3. Technické úpravy břehů 4. Pohyblivost břehů		4. Využití údolní nivy (0,15)
III. Údolní niva (3)	6. Jakost povrchových vod	1. Hydrochemické vlastnosti 2. Hydrobiologické vlastnosti 3. Výpusti do toku 4. Vegetace v korytě toku	IV. Proudění a hydrologický režim (4)	1. Charakter proudění (0,3) 2. Ovlivnění hydrologického režimu (0,3) 3. Průchodnost inundačního území (0,2) 4. Variabilita průtoku (0,2)
		7. Přítomnost DVP		
		8. Vegetace DVP		
		9. Využití ploch v DVP		
		10. Využití ploch v údolní nivě		
	11. Přítomnost protipovodňových opatření			
	12. Retenční potenciál údolní nivy			

Poznámka: Zeleně uvedené hodnocené parametry nemají přímý ekvivalent hodnoceného parametru v obou metodikách – jsou navíc v té dané metodice

Tabulka 3.1 Přehled hodnocených parametrů metodik EcoRivHab a HEM

V rámci metodiky EcoRivHab mají všechny parametry stejnou váhu, z hodnocení 31 parametrů je tedy pomocí aritmetického průměru bodového hodnocení odvozeno 12 hlavních parametrů, jejichž seskupením získáme tři hodnoty skupinových parametrů reprezentujících jednotlivé ekomorfologické zóny (viz tabulka 3.1), z aritmetického průměru hodnot pro jednotlivé ekomorfologické zóny určíme celkový ekomorfologický stupeň (ES). Vypočtená hodnota je následně zařazena do jednoho z pěti stanovených intervalů ekomorfologických stupňů. Celkový

ekomorfologický stav vodního toku je tedy charakterizován pěti jakostními třídami – tzv. ekomorfologickými stupni, které udávají míru antropogenního ovlivnění vodního toku. I. ES – přírodní stav, II. ES – mírně antropogenně ovlivněný, III. ES – středně antropogenně ovlivněný, IV. ES – silně antropogenně ovlivněný, V. ES – velmi silně antropogenně ovlivněný. Výsledkem jsou tématické mapy jednotlivých ekomorfologických zón a mapa celkového ekomorfologického stavu (Matoušková, 2003, 2007, 2008).

V rámci metodiky HEM mají jednotlivé parametry různou váhu. Hodnoty vah jsou nastaveny tak, aby byl zdůrazněn vliv ukazatelů, které jsou pro hydromorfologické poměry toku klíčové. Nejprve je tedy pomocí váženého průměru parametrů pro každou ze 4 mapovaných zón vypočtena dílčí hydromorfologická kvalita (postup podrobně uvádí HEM – hodnocení ukazatelů, Langhammer, 2008). Výsledná hydromorfologická kvalita úseku je následně vypočtena jako aritmetický průměr dílčích hodnot vypočtených pro jednotlivé zóny. Klasifikace hydromorfologického stavu (HS) spočívá v přiřazení vypočtené hodnoty hydromorfologické kvality úseku do jednoho z pěti stupňů HS: 1 – velmi dobrý, 2 – dobrý, 3 – průměrný, 4 – špatný, 5 – zničený. Hydromorfologický stav toku odpovídá referenčním podmínkám, pokud je v daném úseku dosaženo velmi dobrého HS a zároveň žádný z hodnocených ukazatelů nedosahuje horší hodnoty než 2 (Langhammer, 2007b, 2008).

Metodiky EcoRivHab a HEM se nezabývají hodnocením stojatých vod, malé vodní nádrže se tedy z hodnocení vypouštějí. Delší zatrubněné úseky se v rámci metody EcoRivHab automaticky hodnotí V. ekomorfologickým stupněm, v případě metody HEM byl pro srovnatelnost výsledků využit obdobný postup a zatrubněné úseky tak byly automaticky hodnoceny v pátém stupni hydromorfologického stavu, jako zničené.

4. GEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ SLUBICE

4.1 PŘÍRODNÍ POMĚRY

Tato kapitola obsahuje pouze stručnou geografickou charakteristiku zájmového území. Podrobnější charakteristika byla zpracována v bakalářské práci autorky (Kujanová, 2008).

Zájmové území povodí Slubice se nachází na rozhraní krajů Pardubického a Vysočina. Zasahuje přibližně stejně velkou plochou do okresů Chrudim a Havlíčkův Brod a nepatrnou částí do okresu Žďár nad Sázavou. Slubice je levostranným přítokem Chrudimky na ř. km 78,48. Číslo hydrologického pořadí Slubice je 1-03-03-018. Plocha povodí je 29,21 km².

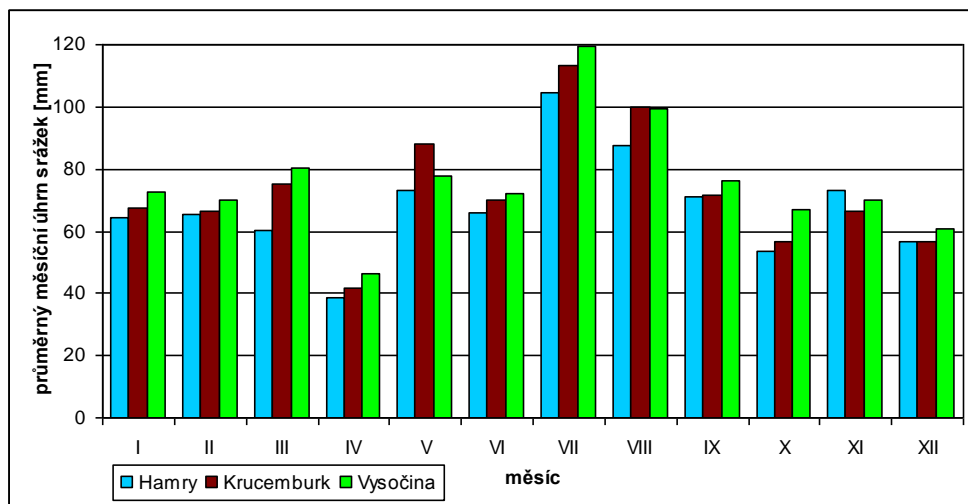
Z geologického hlediska je povodí součástí moldanubika a výrazně zde převažují silně metamorfované horniny předprvohorního stáří. Jedná se především o metamorfované vyvřelé horniny - ortoruly, metagabro, metadiorit, metaryolit a metamorfované sedimentární horniny - fylit a migmatit. Moldanubikum je jen málo překryté mladšími sedimenty, na jihozápadní okraj povodí Slubice zasahují druhohorní vápnité jílovce až slínovce a písčité slínovce České křídové tabule, údolní nivy vodních toků jsou vyplněny kvartérními fluvialními sedimenty a obklopené písčito-hlinitými až hlinito-písčitými deluviálními sedimenty.

Hlavní tok Slubice přibírá zprava Černý potok a zleva Barchanecký potok. Dílčí povodí těchto tří velikostí srovnatelných toků se od sebe reliéfem značně liší. Zatímco povodí Černého potoka je členitější a tok má větší spád, povodí Barchaneckého potoka je mnohem méně členité a plošší. Nejvyšších nadmořských výšek dosahuje východní část povodí Slubice jako celku a směrem k severozápadnímu okraji se nadmořská výška převážně snižuje. Nejvyšším vrcholem je Suchý kopec (683 m) na jihovýchodním okraji povodí, nejnižší ležící ústí Slubice do Chrudimky je 540 m n. m.. Podle geomorfologického členění (Balatka, Kalvoda, 2006) je povodí Slubice součástí provincie Česká vysočina, subprovincie Česko-moravská, oblast Českomoravská vrchovina. Většina plochy povodí je součástí celku Hornosvratecká vrchovina, podcelku Žďárské vrchy, tvořena západní polovinou okrsku Hlinecká stupňovina. Severozápadní okraj povodí spadá do celku Železné hory, podcelku Sečská vrchovina a okrsku Trhovokamenická pahorkatina.

Půdní kryt zájmového území tvoří především kambizemě a pseudogleje, nivy vodních toků s vysokou hladinou podzemní vody vyplňují gleje. Protože byly pozemky v povodí intenzivně zemědělsky obhospodařovány, bylo plošné zamokření v 70. letech řešeno drenážním odvodněním. V povodí se vyskytuje také antrozem, jedná o půdu černé skládky.

Většina zájmového území náleží podle Quitta do klimatické oblasti CH7, pouze na malé území západního okraje povodí zasahuje klimatická oblast MT3. Průměrná roční teplota v povodí se podle údajů z klimatologických stanic pohybuje okolo 6°C. Stanice Hlinsko (590 m) má za období 1901-1950 průměrnou roční teplotu 6,3°C, průměrnou teplotu nejteplejšího měsíce 16°C (červenec) a průměrnou teplotu nejchladnějšího měsíce -3,6°C (leden). Stanice Hamry (605 m) má za období 1901-

1950 průměrnou roční teplotu 5,9°C, průměrnou teplotu nejteplejšího měsíce 15,8°C (červenec) a průměrnou teplotu nejchladnějšího měsíce -4°C (leden). Srážkové charakteristiky povodí udává graf 4.1 vytvořený na základě dat denních úhrnů srážek na srážkoměrných stanicích Hamry, Krucemburk a Vysočina za období 1998-2007, data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Průměrný roční úhrn srážek za posledních deset let činí pro stanici Hamry (605 m n. m.) 814,8 mm, Krucemburk (559 m n. m.) 873,2 mm a pro stanici Vysočina (536 m n. m.) 910,5 mm. Na základě metody Thiesenových polygonů byl v prostředí ArcGIS určen průměrný roční úhrn srážek v povodí Slubice 879 mm. Výrazně převažují srážky v letním období, kdy jsou průměrné měsíční úhrny srážek cca o polovinu vyšší v porovnání s úhrny v zimních měsících. Dlouhodobě nejnížší úhrn srážek připadá na duben.



Graf 4.1 Roční chod srážek na základě průměrných měsíčních úhrnů srážek za období 1998-2007
Zdroj: ČHMÚ

Podle biogeografického členění (Culek, 1996) patří zájmové území do hercynské podprovincie (jedná se tedy o biotu západní a centrální části střední Evropy), větší západní část je součástí Železnohorského bioregionu, východní část patří ke Žďárskému bioregionu. Železnohorský bioregion se oproti Žďárskému vyznačuje nižším plošším reliéfem a teplejším klimatem. Hranice mezi těmito bioregiony však není ostrá, v zájmovém povodí ji lze přibližně určit jako silnici směru JZ-SV přes Chlum (mapa 4.1). V celém povodí převažuje 5. jedlovo-bukový vegetační stupeň. V Železnohorském bioregionu jsou hojněji zastoupené bučiny, oproti Žďárskému bioregionu však postrádá horské bukojedliny, podmačené smrčiny a komplexy vrchovištní vegetace. Značnou část plochy povodí pokrývají lesy, převažují však smrkové monokultury. Nezalesněné plochy pokrývá z větší části meliorovaná zemědělská půda v podobě luk a pastvin, značné zastoupení má i orná půda. Podél vodních toků jsou typické olšiny (Culek, 1996).

4.2 HYDROGRAFICKÁ A HYDROLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

4.2.1 Charakteristika říční sítě

Slubice zřejmě pramenila na louce pod Křížovým vrchem (660 m) nad obcí Krucemburk. Tato louka byla hydromeliorována, a proto Slubice vytéká z drenážního systému v nadmořské výšce 617 m. Na toku Slubice dochází od pramene po ústí k několika výrazným změnám. Nejprve protéká relativně přírodním korytem lesem, následuje retenční prostor a malý rybník. Pod tímto rybníkem se koryto Slubice stává napřímeným, zahloubeným a pravidelně osázeným, protéká sídlem Chlum, rybníkem Mlynářka a pokračuje zemědělskou odvodněnou krajinou. Pod soutokem s Černým potokem se Slubice mění v ukázkové přírodní koryto dolního toku s řadou zákrutů i meandrů a velmi vlhkou nivou s přirozenou vegetací. Poté následuje opět napřímené a zahloubené koryto až po ústí do Chrudimky.

V práci jsou použity údaje pro délky jednotlivých toků i plochy povodí zjištěné pomocí nástroje *Calculate geometry* v programu ArcMap, na základě vrstev jemných úseků vodních toků a hydrologického členění dostupných na Hydroekologickém informačním systému VÚV T. G. M. Délka Slubice je 6,75 km a plocha povodí je 29,21 km². Slubice je levostranným přítokem Chrudimky. Největším pravostranným přítokem Slubice je Černý potok s délkou 5,40 km a plochou povodí 7,93 km², který pramení v nadmořské výšce 648 m na jihozápadních svazích Suchého kopce (683 m). Největším levostranným přítokem Slubice je Barchanec s délkou 5,44 km a plochou povodí 12,95 km², který vytéká z rybníka Barchanec nad městem Ždírec nad Doubravou v nadmořské výšce 562 m. Přestože Barchanec i Černý potok protékají převážně zemědělskou krajinou s podobným podílem lesů na ploše povodí, značně se od sebe liší. Barchanec je kanalizované napřímené koryto, které se nepřirozeně lomí přesně podél hranic kultur. Černý potok je sice také místy napřímený, ale zpravidla je podél toku ponechána niva s přirozenou vegetací a převládá nezahloubené a nenapřímené koryto toku. Další přítoky v povodí jsou výrazně kratší a menšího významu. Délky, převýšení a sklon toků popsaných v mapě 4.1 jsou uvedeny v tabulce 4.1.

V zájmovém území se nachází několik rybníků sloužících jako retenční potenciál i k chovu ryb, které výrazně ovlivňují vodní toky. Dále budou v práci zmiňovány zejména dva malé rybníky na horním toku Slubice zvané Končiny a průtočný rybník Mlynářka v obci Chlum. **Končiny** byly vybudovány v roce 1963 Českým rybářským svazem (ČRS). Horní menší rybník (Končiny I) má rozlohu 0,65 ha, hráz cca 40 m dlouhou s výškou cca 2 m. Při provádění melioračních opatření v prostoru mezi oběma rybníky v roce 1987, jejichž součástí bylo zatrubnění kanálu od bezpečnostního přelivu i toku Slubice v úseku cca 50 m, bylo narušeno těleso hráze. Rybník je tedy pro akumulaci vody nevyužitelný. V suchých obdobích roku je úplně bez vody, na jaře slouží jako retenční prostor k zachycení vody z tání sněhu a k rozmnožování mnoha druhů obojživelníků, kteří se zde v hojných počtech vyskytují. Spodní větší rybník (Končiny II) má rozlohu 1,13 ha, střední výška hráze je 2,5 m a délka cca 80 m. Na základě terénního šetření bylo zjištěno, že bezpečnostní přeliv tohoto rybníka je v havarijním stavu (došlo k provalení části hráze v místě bezpečnostního přelivu).

Mlynářka je průtočný rybník v obci Chlum, jehož hlavním zdrojem vody je Slubice. Plocha hladiny je 2,53 ha. Mlynářka byla podle pana E. Matyáška z ČRS postavena pravděpodobně v 19. století nebo dříve jako akumulární rybník pro mlýn pana Böhma, který se nacházel v prostoru pod hrází. Po pozemkové reformě koupil v roce 1922 rybník od mlynáře Český rybářský svaz. Délka hráze je cca 100 m, střední výška je 6 m. Šířka hráze naznačila značných změn odbahněním rybníka v roce 1983, veškeré bahno bylo totiž navršeno na vzdušnou část hráze, která se tímto především v místě požeráku v pravé části hráze rozšířila na dnešních 10 až 12 m. Bezpečnostní přeliv z kamenného zdiva se stavidlem a odpadní stoka, jejichž stav je narušen, jsou umístěny v levém konci hráze.

Přítok	Délka [m]	h_{\max} [m n. m.]	h_{\min} [m n. m.]	Δh [m]	Sklon [‰]
P01	1062	616	582	34	32,0
P02	742	632	587	45	60,6
P04	1097	606	571	35	31,9
Černý potok:	5403	648	556	92	17,0
Basička	803	608	584	24	29,9
Lesní potok:	1163	605	573	32	27,5
P07	911	630	598	32	35,1
P03	1031	641	609	32	31,0
Barchanecký potok:	5443	562	544	18	3,3
Dománka	1965	581	557	24	12,2
Údavský potok	1641	594	551	43	26,2
Vrbina	1367	566	550	16	11,7
P05	1430	605	559	46	32,2
P06	2023	600	549	51	25,2
Slubice	6748	617	540	77	11,4

Tabulka 4.1 Vybrané toky v povodí Slubice

Zdroj: ZM ČR 1:10 000

Digitální ZVM 1:50 000

4.2.2 Odtokové poměry

Podle údajů publikace ČHMÚ Hydrologické poměry ČSSR jsou odtokové údaje pro zájmové území následující.

Slubice (1-03-03-018) - ústí: srážky $H_S = 761$ mm
odtok $H_O = 334$ mm
odtokový součinitel $c = 0,44$
specifický odtok $q = 10,58$ l/s.km²
průměrný dlouhodobý roční průtok $Q_a = 0,32$ m³/s

M [dny]	30	90	180	270	330	355	364
Q [m ³ /s]	0,73	0,35	0,17	0,09	0,05	0,03	0,02

Tabulka 4.2 M - denní průtoky [m³/s] (1931-1960)

Zdroj: Hydrologické poměry ČSSR

N [let]	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [m ³ /s]	4	6	9	13	20	32	48

Tabulka 4.3 N - leté vody (1931-1960)

Zdroj: Hydrologické poměry ČSSR

V povodí Slubice není provozován žádný systematický monitoring vodních stavů. Na ČHMÚ jsou dostupná pouze data o odtokových poměrech v povodí Slubice odvozená na základě modelů vycházejících ze srážkových poměrů a tvarů reliéfu. Podle ZVHS se v povodí monitoring vodních stavů kdysi prováděl, ale při větší vodě došlo ke změnám na měřených profilech a monitoring už nebyl obnoven. Na ZVHS jsem také získala informaci, že data odtokových poměrů spočítaná s využitím modelů nejsou příliš směrodatná, protože úpravy koryt vodních toků v povodí Slubice prováděné na základě těchto dat byly několikrát poškozeny během některak výjimečně vodních následujících let.

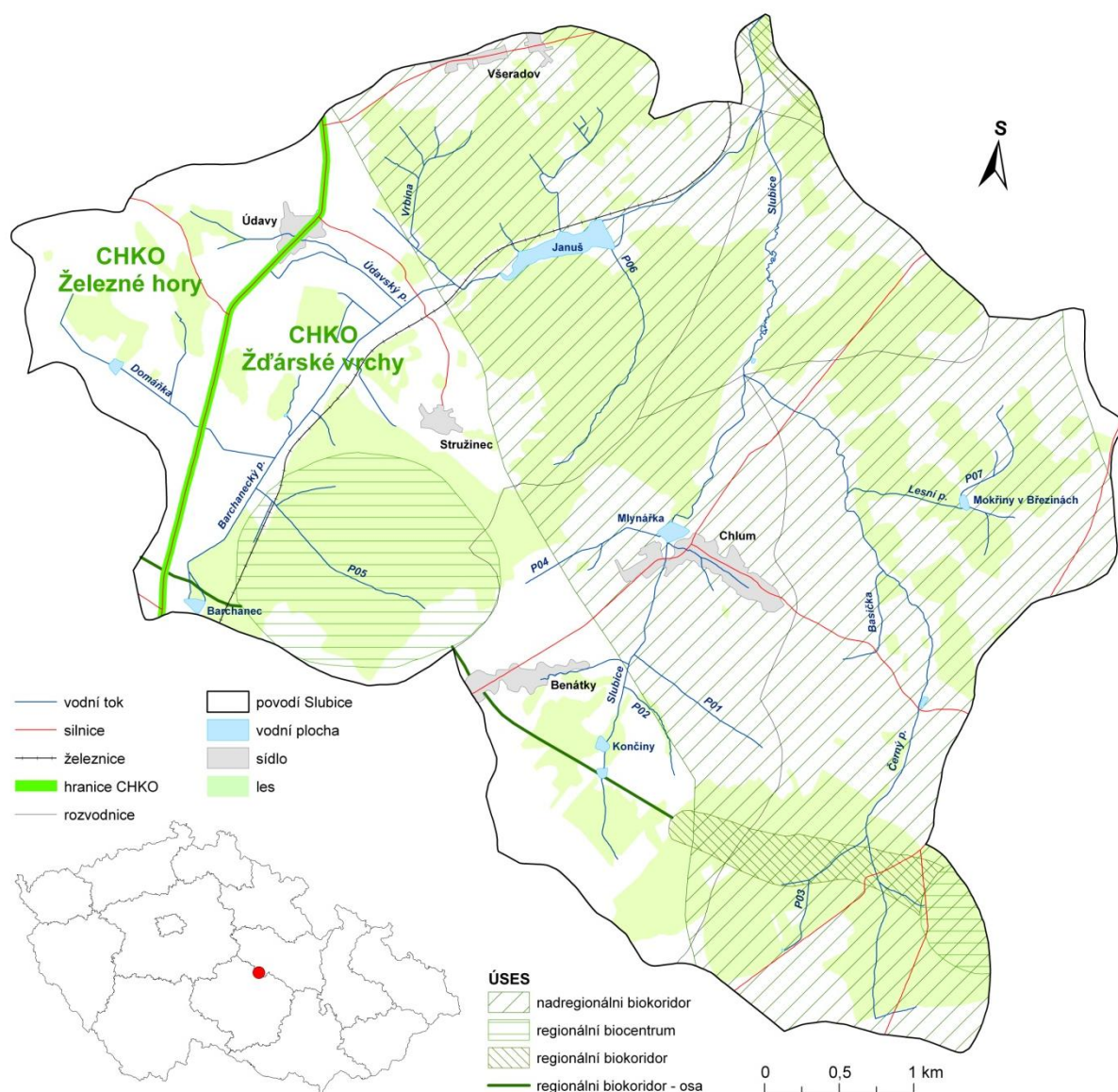
Vzhledem k akutnímu nedostatku údajů o průtocích je na 6 vybraných profilech v povodí Slubice od listopadu 2008 pravidelně jednou měsíčně uskutečňováno měření hydrometrickou vrtulí.

4.3 OCHRANA PŘÍRODY

O zásazích do krajiny a tedy i péči o ni v povodí Slubice mohou významně promlouvat Správy chráněné krajinné oblasti. Povodí Slubice se nachází na rozhraní CHKO Žďárské vrchy a CHKO Železné hory (mapa 4.1), celé povodí je tedy součástí Chráněné krajinné oblasti. CHKO Žďárské vrchy (východní část povodí) byla vyhlášena v roce 1970 a svou rozlohou 709 km² se řadí k největším v České republice. CHKO Žďárské vrchy tvoří 91,3 % plochy zájmového povodí (rozloha CHKO v povodí Slubice je 26,67 km²). Významným fenoménem tohoto chráněného území je voda, jedná se o pramennou oblast na hlavní evropské rozvodnici mezi Severním a Černým mořem. V zájmovém povodí se nenachází žádná maloplošná zvláště chráněná území, v rámci zón odstupňované ochrany přírody je v povodí Slubice vymezeno 11 prvních zón, podrobnější informace Kujanová (2008). CHKO Železné hory byla vyhlášena v roce 1991 a jeho rozloha je 284 km². Do zájmového povodí zasahuje CHKO Železné hory pouze plochou 2,54 km² a tvoří tak 8,7 % z celkové rozlohy povodí. Na území CHKO se nachází 24 maloplošných zvláště chráněných území, žádné z nich však neleží v zájmovém povodí.

Územní systém ekologické stability (ÚSES) je podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. Hlavním smyslem ÚSES je posílit ekologickou stabilitu krajiny zachováním nebo obnovením stabilních ekosystémů a jejich vzájemných vazeb (www.ochranaprirody.cz). ÚSES je tvořen biocentry a biokoridory navrženými ve 3 hierarchických úrovních: neregionální, regionální, lokální. Základní funkcí biocentra je umožňovat dlouhodobou existenci druhů nebo společenstev přirozeného druhového i genového bohatství krajiny, biokoridor má za úkol především propojovat biocentra a umožňovat migraci organismů mezi biocentry. Přes východní část zájmového území prochází podél Černého potoka a Slubice biokoridor neregionálního významu (mapa 4.1), který dále navazuje na nadregionální biokoridor řeky Chrudimky. V JZ části povodí je v lesním komplexu jednoho z přítoků Barchaneckého potoka vymezeno regionální biocentrum, které je pomocí regionálních biokoridorů ve směru SZ-JV propojeno s dalšími

regionálními biocentry. Při přechodu regionálního biokoridoru přes zastavěné území se tento zužuje na osu regionálního biokoridoru.



Mapa 4.1 Přehledná mapa povodí Slubice

Zdroj: ARC ČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1: 500 000
DIBAVOD
ZM ČR 1:10 000
www.geoportal.cenia.cz

4.3.1 Mapování NATURA 2000

Se vstupem Česka do Evropské unie bylo nutné přijmout do české legislativy mimo jiné směrnici 79/409/EHS o ochraně volně žijících ptáků a směrnici 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Tyto směrnice ukládají povinnost vytvořit soustavu zvláště chráněných území evropského významu zvanou NATURA 2000, jejíž vytváření na území Česka koordinuje Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. V rámci programu NATURA 2000 byl na území Česka zmapován výskyt tzv. typů přírodních stanovišť (biotopů, které jsou tradičně předmětem zájmu ochrany přírody) a výskyt ostatních biotopů, jako například ruderalní

vegetace, polní či lesní kultury, aby mohla být krajina mapována celoplošně. Ačkoli je ochrana těchto biotopů jen obtížně uskutečnitelná, je i na ně vázán výskyt ohrožených organismů. Pro snazší orientaci a určování přírodních stanovišť byly v Česku identifikované typy přírodních stanovišť podrobně popsány v Katalogu biotopů České republiky (Chytrý, Kučera, Kočí, 2001). Biotopy uvedené v katalogu jsou členěny na 9 formačních skupin: Vodní toky a nádrže (V), Mokřady a pobřežní vegetace (M), Prameniště a rašeliniště (R), Skály, sutě a jeskyně (S), Alpínské bezlesí (A), Sekundární trávníky a vřesoviště (T), Křoviny (K), Lesy (L) a Biotopy silně ovlivněné nebo vytvořené člověkem (X). Formační skupiny jsou dále děleny na základní jednotky klasifikace biotopů, případně podjednotky označované číslem spolu s příslušným písmenem formační skupiny. Tímto způsobem je rozlišováno 141 mapovacích jednotek. V případě potřeby byly vytvořeny i pomocné podjednotky označované písmenem na konci kódu.

V zájmovém území se nenachází Ptačí oblast ani Evropsky významná lokalita. Výsledky mapování biotopů NATURA 2000 pro zájmové území jsou zde uvedeny ze dvou důvodů: jedná se o nejaktuálnější možné prostorové vymezení cenných typů vegetace v zájmovém povodí a zároveň je třeba posoudit, zda na lokalitách vybraných k revitalizaci nedojde navrhovanou úpravou k poškození cenného biotopu. Výsledky mapování Natura 2000 zachycuje mapa 4.2. Vrstva mapování biotopů NATURA 2000 byla poskytnuta AOPK.

V zájmovém území bylo v rámci soustavy NATURA 2000 vymapováno 44 odlišných typů biotopů, z toho 12 základních jednotek, 21 podjednotek, 10 pomocných podjednotek a mozaika více biotopů. Vzhledem k velmi podrobnému mapování a vymezení i velmi malých plošek biotopů vyjadřuje mapa 4.2 pro zjednodušení pouze zastoupení jednotlivých formačních skupin v povodí (viz výše) a zastoupení základních jednotek klasifikace biotopů v rámci formační skupiny Biotopy silně ovlivněné nebo vytvořené člověkem (X). Podstatou detailů v mapě 4.2 je vystihnout zastoupení všech vymapovaných základních jednotek klasifikace biotopů v rámci lokalit REV 1 a REV 2 vybraných k revitalizaci (viz kapitola 7.1).

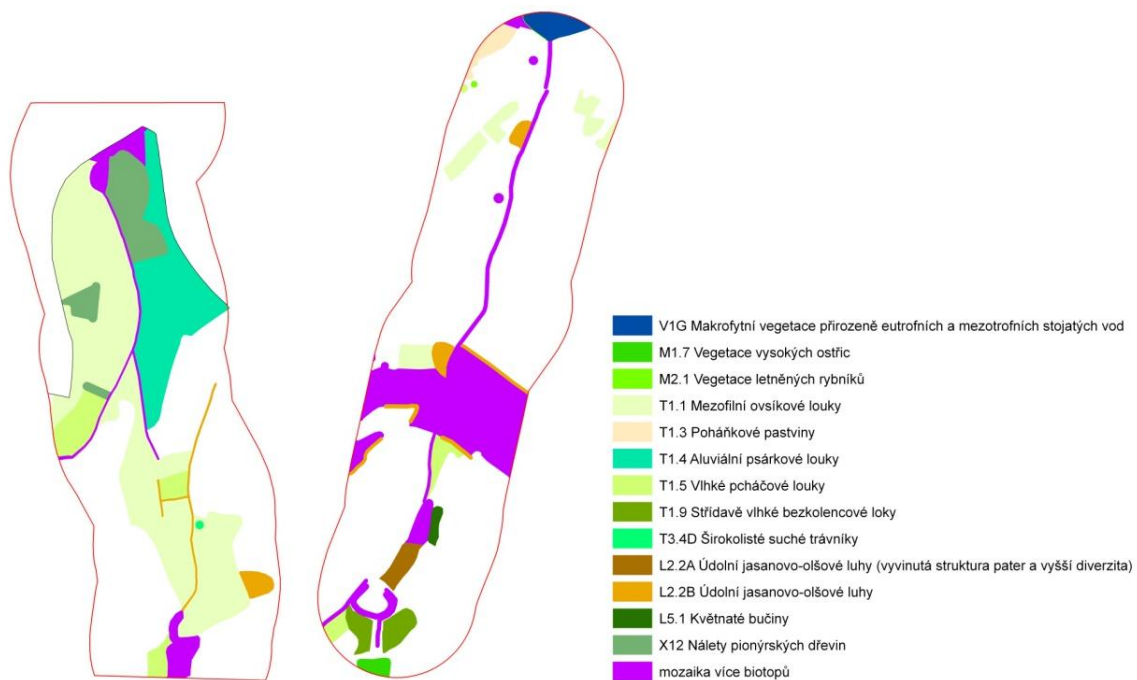
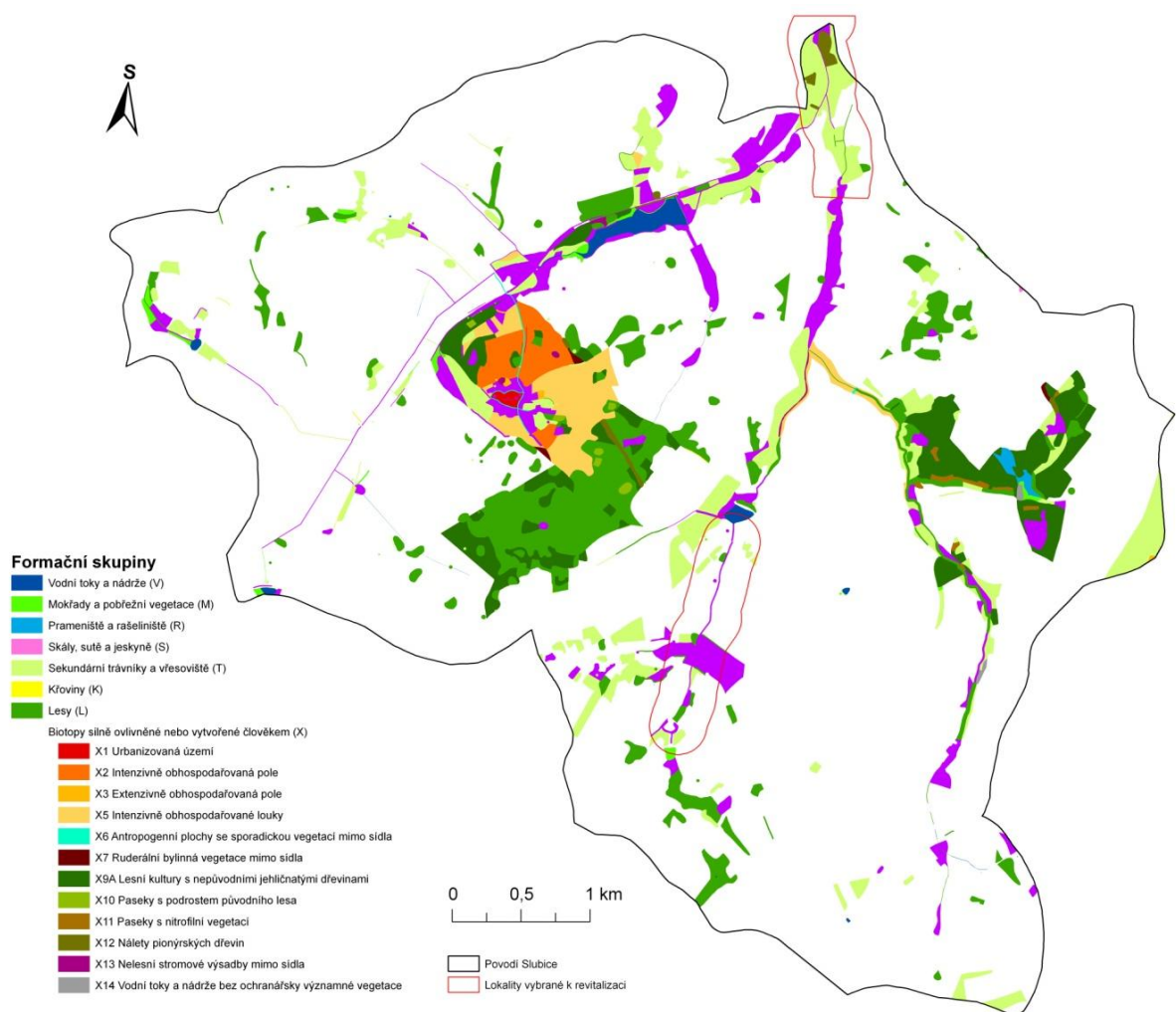
Biotopy lokality na horním toku Slubice (detail vpravo):

„Modrá plocha“ v severní části lokality zobrazuje rybník s vyvinutou zonací jednotlivých typů vodní vegetace. „Zelená plocha“ zcela na jihu lokality představuje **vegetaci vysokých ostřic** vázanou na různé typy mokřadů, pobřežní mělčiny rybníků a tůň v pokročilém stádiu sukcese. Výška vodního sloupce zpravidla výrazně kolísá během vegetačního období a přes léto většina ostřicových porostů zcela vysychá. Zde se jedná o rybník, jehož hráz v důsledku nevhodných úprav propouští vodu, což znamená značné kolísání hladiny vody v rybníce během roku. Z formační skupiny T - Louky a pastviny jsou v zájmové lokalitě zastoupeny Mezofilní ovsíkové louky, Poháňkové pastviny, Vlhké pcháčkové louky a Střídavě vlhké bezkolejové louky. **Mezofilní ovsíkové louky** typické pro vyšší stupně aluviálních teras a svahy se nacházejí nejčastěji v blízkosti sídel. Ovsík vyvýšený převládá zejména na živinami dobře zásobených půdách a porosty jsou zpravidla dvakrát ročně koseny. Tento biotop ohrožuje zejména přehnojování a ruderalizace. **Poháňkové pastviny** jsou louky kosené

vícekrát do roka nebo krátkostébelnaté pastviny s typickými skupinkami trnitých, jedovatých nebo pro dobytek nechutných rostlin, které výrazně přecházejí okolní trávník. **Vlhké pcháčové louky** se vyskytují na podmáčených glejových půdách a v údolích potoků, tedy v územích s vysokou hladinou podzemní vody. Nesnášejí však dlouhotrvající zaplavení ani periodické vysychání. Jsou pravidelně jednou až dvakrát ročně koseny. Vlhké pcháčové louky tvoří hustě zapojené porosty travin a širokolistých bylin s pokryvností mechového patra do 10 %. Jejich největším ohrožením je odvodňování a zarůstání vysokými širokolistými bylinami a dřevinami a je třeba je pravidelně kosit. **Střídavě vlhké bezkolejové louky** jsou extenzivně obhospodařované louky na oglejených půdách se silně kolísající hladinou podzemní vody, na kterých převažuje bezkolenec rákosovitý. Lokality se nacházejí na vyvýšených terasách údolních niv potoků a v podmáčených svahových polohách, louky jsou zpravidla jednou ročně koseny. Ohrožení pro biotop znamená především eutrofizace v důsledku hnojení, odvodňování a zarůstání opuštěných pozemků. Z formační skupiny L – Lesy jsou v zájmové lokalitě zastoupeny Údolní jasanovo-olšové luhy a Květnaté bučiny. **Údolní jasanovo-olšové luhy** v mapě 4.2 znázorněné odstíny hnědé tvoří třípatrové až čtyřpatrové porosty tvořené dominantní olší lepkavou nebo jasanem ztepilým a příměsí dalších listnáčů. Keřové patro je husté a druhově bohaté s převahou zmlazených dřevin stromového patra. V bylinném patře převažují vlhkomilné lesní druhy. Biotop je typický pro břehy vodních toků a terénní sníženiny s hladinou podzemní vody v malé hloubce a dočasně vystupující nad půdní povrch. Ohrožením je pro biotop narušení vodního režimu krajiny, vysekávání dřevin a výsadba smrkových či jiných monokultur. **Květnaté bučiny** se vyskytují na eutrofních, obvykle kambizemních půdách s rychlou mineralizací humusu. Jedná se o listnaté lesy s převládajícím bukem lesním, v keřovém patře obvykle se zmlazujícími dřevinami stromového patra, bylinné patro s pokryvností mezi 30-60 % tvoří mezofilní druhy listnatých lesů. Ohrožení pro biotop představuje převod na jehličnaté kultury, přezvěření a ruderalizace. Poměrně hojně zastoupené „fialové plochy“ **tvoří mozaika více biotopů** (Chytrý, Kučera, Kočí, 2001).

Biotopy lokality na dolním toku Slubice (detail vlevo):

Z formační skupiny T - Louky a pastviny jsou v zájmové lokalitě zastoupeny Mezofilní ovsíkové louky, Vlhké pcháčové louky (viz výše), Aluviální psárkové louky a na velmi malé ploše Širokolisté suché trávníky. **Aluviální psárkové louky** jsou čerstvě vlhké louky v zaplavovaných částech říčních a potočních náplavů na hlubokých, díky pravidelným záplavám živinami dobře zásobených půdách. Pokud nejsou louky jednou ročně koseny, zarůstají nitrofilními druhy (zejména kopřivou dvoudomou). Ohrožení pro biotop představuje regulace toků, změna vodního režimu, ruderalizace a převod na intenzivně obhospodařované vícesečné travní kultury. Z formační skupiny L – Lesy jsou v zájmové lokalitě zastoupeny Údolní jasanovo-olšové luhy (viz výše).

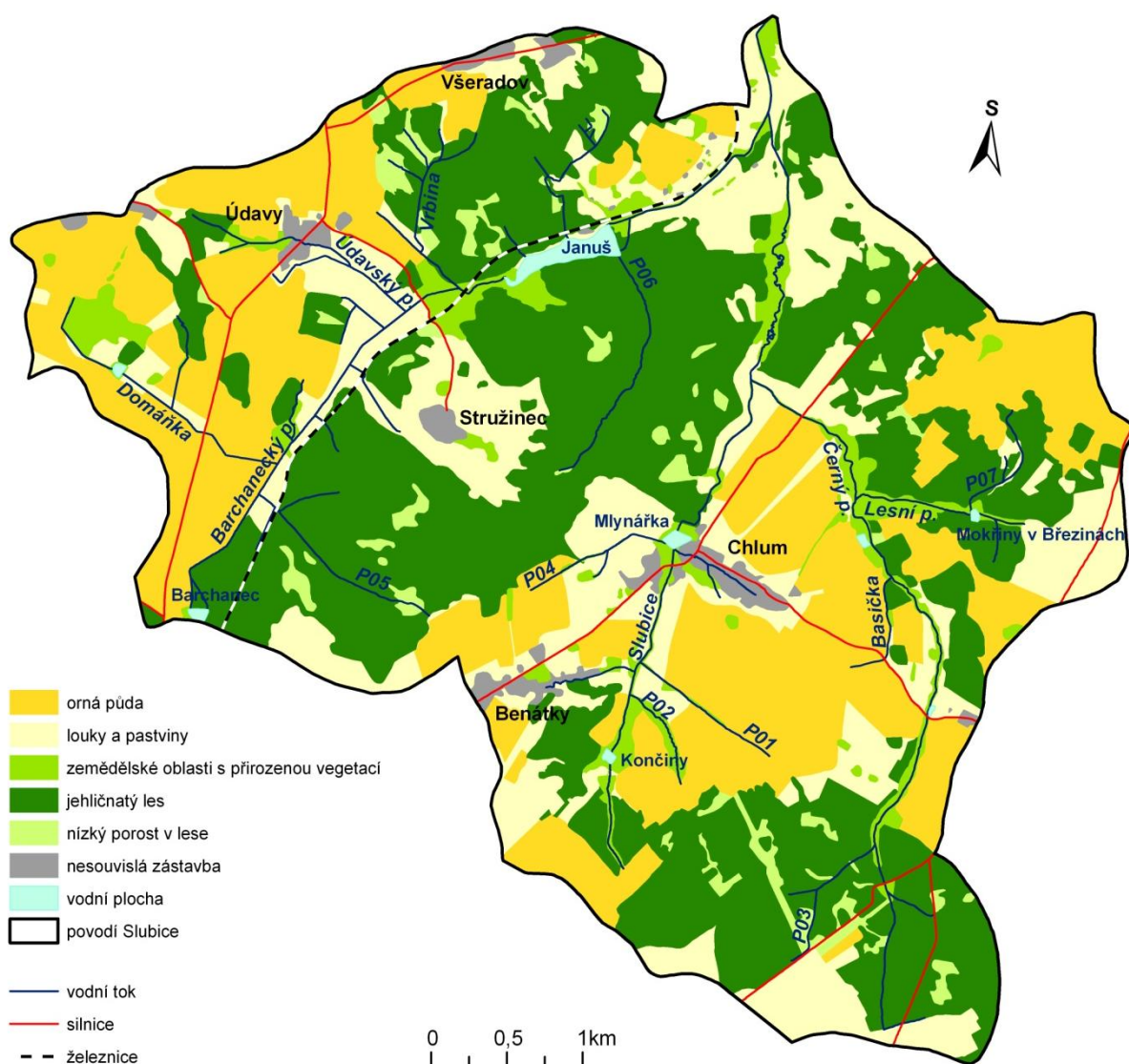


Mapa 4.2 Výsledky mapování biotopů NATURA 2000
Zdroj: AOPK

Z formační skupiny X - Biotopy silně ovlivněné nebo vytvořené člověkem jsou zde zastoupeny Nálety pionýrských dřevin. Jedná se nejčastěji o menší lesíky vzniklé na původně nelesní půdě nebo polní remízky. „Fialové plochy“ tvoří opět **mozaika více biotopů** (Chytrý, Kučera, Kočí, 2001).

4.4 VYUŽITÍ ÚZEMÍ

Vzhledem k velikosti povodí a různorodosti využití ploch byl dostupný podklad CORINE Land Cover příliš málo podrobný a tedy nevhodným pro vyjádření využití území zájmového povodí. Krajinový pokryv zájmového území byl proto zpracován na základě terénního průzkumu ve vegetačním období roku 2009 s využitím podkladů leteckých snímků GEODIS Brno s rozlišením 0,5 m a následně byly v prostředí ArcMap vytvořeny jednotlivé vrstvy Land Coveru.



Mapa 4.3 Land Cover v povodí Slubice (2009)

Zdroj: Terénní průzkum
 Letecké snímky GEODIS Brno (2005-2009)
 DIBAVOD
 ZM ČR 1:10 000

V zájmovém území je dominantní kategorií Land Coveru jehličnatý les, který tvoří 51,5 % rozlohy povodí. Jedná se však zejména o hospodářský les smrkové monokultury, který je neustále obměňován, a proto na mapě 4.3 můžeme pozorovat také poměrně často kategorii nízký porost v lese. Orná půda se na rozloze zájmového území podílí 29,2 %, zatímco louky a pastviny pouze 16,7 %. Vzhledem k nadmořské výšce, vyšším srážkovým úhrnům, poměrně nízkým teplotám, sklonitosti reliéfu, nízké produkční schopnosti půd i dotacím na zatravňování orné půdy by v povodí Slubice mohlo být zastoupení orné půdy a luk v opačném poměru, ale stále tomu tak není. Z mapy 4.3 je patrné, že do povodí výrazněji zasahuje nebo se zde nachází celkem 5 malých sídel: Chlum, Benátky, Všeradov, Stružinec a Údavy.

4.5 ANTROPOGENNÍ UPRAVENOST ŘÍČNÍ SÍTĚ

Následující kapitola vychází z bakalářské práce autorky (Kujanová, 2008), kde je problematika antropogenní upravenosti říční sítě v povodí Slubice rozpracována podrobněji. Dále je tedy uvedeno pouze stručné shrnutí úprav provedených na vodních tocích v zájmovém území zjištěných podrobným terénním průzkumem a zpracováním podkladů správce toků v povodí ZVHS Chrudim o délkách a období realizací úprav toků a o výměrách a období realizací plošného odvodnění. Současná vysoká míra regulace toků v ČR - 28,4 % (Langhammer, 2007a), respektive v povodí Slubice – 49,8 % z celkové délky 32,8 km mapovaných toků (Kujanová, 2008) je výsledkem procesů probíhajících zejména v 2. polovině 20. století za účelem zvýšení ochrany sídel a majetku před povodněmi, avšak v zájmovém území především pro efektivnější zemědělské využití krajiny. Napřímení a regulace říční sítě byla spojena s kolektivizací a mechanizací zemědělské velkovýroby, snahou bylo i využít k pěstování plodin co nejrozsáhlejší území, tedy i méně vhodné pozemky.

Většina úprav koryt toků byla realizována v 80. letech minulého století a všechna upravená koryta toků byla naddimenzována natolik, aby nedocházelo k vybřežení toku a zaplavování zemědělské půdy v říční nivě. Z grafu vývoje plošného odvodnění v povodí Slubice (viz příloha 3) je patrné, že výrazný nárůst odvodněných ploch nastal v roce 1963, zřejmě v souvislosti s novou koncepcí zemědělské politiky podporující odvodňování zemědělské půdy, 40 % odvodnění pak bylo realizováno v 80. letech 20. století. V roce 1982 bylo odvodněno 21,1 % z celkového množství odvodněných ploch (214,5 ha zemědělské půdy) a v roce 1986 dalších 15,5 % z celkového plošného (tedy 157,5 ha zemědělské půdy). Na výrazný růst odvodněných ploch v 80. letech navázaly úpravy koryt toků v celkové délce téměř 8 km, což znamená, že bylo v 80. letech uskutečněno 51 % z celkové délky úprav koryt toků. Celkem bylo v zájmovém území odvodněno 35 % plochy povodí, což odpovídá 1015, 6 ha zemědělské půdy a upraveno bylo 49,8 % z celkové délky mapovaných vodních toků, tedy 16,3 km mapovaných vodotečí. Míra upravenosti říční sítě se však v rámci povodí výrazně odlišuje, zatímco v povodí Černého potoka (V část zájmového území) je upraveno pouze 16 % z celkové délky koryt toků, v povodí Barchaneckého potoka (SZ část zájmového území) je upraveno 67 % z celkové délky toků. K technickému řešení úprav toků v povodí bylo nejčastěji využito

betonových prefabrikátů – žlabovek a betonové dlažby (24,6 % a 19,2 % z celkové délky mapovaných toků) nejčastěji na krátkých prudkých přítocích, kamenná rovnánina (21,2 %) použitá zejména na Barchaneckém potoce, kulatina a kamenný pohoz (19,3 %) realizovaná především na Slubici. Upravenost vodních toků a plošné odvodnění v povodí Slubice shrnuje mapa příloha 4.

Kromě odvodněné zemědělské půdy pokrývají značné plochy v povodí Slubice rozsáhlé lesní porosty s nejméně upravenými koryty toků a neodvodněnou půdou. Většinu lesních porostů však tvoří smrkové monokultury, které jsou výsledkem antropogenní transformace krajiny. Povodí je tedy značně antropogenně upraveno jako celek. Plochy v nivách toků ztratily přírodní ráz a jejich vodohospodářské, přírodní a krajinné funkce se oslabily. O tom, že úpravy koryt a odvodňování ploch nepřinesly očekávané efekty, nejlépe vypovídá současné využívání pozemků v říčních nivách toků. Mnohé meliorační úpravy jsou z různých důvodů nefunkční, výjimkou není ani voda stojící ve vlhčích obdobích na odvodněné zemědělské půdě. Vlhké pozemky naznačující při vyšších srážkových úhrnech původní trasu koryta, dnes buďto nejsou využívány vůbec nebo slouží jako pastviny.

4.6 SOCIOEKONOMICKÁ CHARAKTERISTIKA POVODÍ A ZJIŠTĚNÉ ZNEČIŠTĚNÍ

Jak už bylo výše zmíněno, v povodí se nachází 5 malých sídel (tabulka 4.4). Celkově žije v povodí Slubice pouze 741 stálých obyvatel. Ani jedno z těchto sídel však nemá ČOV. Část odpadních vod se předčišťuje v septicích, většina však odtéká nejkratší cestou do nejbližších vodotečí, které více či méně znečišťují. Nejproblematictější se zdá situace v sídle Chlum, které leží přímo na hlavním toku povodí Slubici. Situaci částečně „zachraňuje“ rybník Mlynářka pod obcí Chlum, který v podstatě slouží jako „biologický rybník“. Znečištění Slubice komunálními odpadními vodami způsobuje také levostranný zatrubněný přítok Slubice z Benátek. Sídla Údavy, Stružinec a obec Všeradov ovlivňují kvalitu vody Barchaneckého potoka a jeho přítoků. Veškerá potenciální odpadní voda se do Barchaneckého potoka dostává ještě před rybníkem Januš nebo ústí přímo do něj. Sídla Stružinec a Údavy jsou především využívána chalupáři a chataři, význam má i rekreační oblast podél rybníka Januš. Odpadní vody ze zájmového území sice žádná ČOV nečistí, ale proti proudu Chrudimky nad ústím Slubice byla v roce 1992 vybudována ČOV pro město Hlinsko a přilehlé obce na toku, čímž se výrazně zlepšila nejen kvalita vody v samotné Chrudimce, ale i na dolním toku Slubice.

Sídlo	Počet obyvatel	BSK ₅ kg/den	Vodovod	Kanalizace	Napojení na ČOV
Chlum	255	15,30	ano	ne	ne
Benátky	168 (k 1.6.2007)	10,08	ano	ne	ne
Stružinec	50 (k 1.6.2007)	3,00	ne	ne	ne
Údavy	117 (k 1.6.2007)	7,02	ne	ne	ne
Všeradov	151	9,06	ne	ne	ne

Tabulka 4.4 Základní informace o vodním hospodářství sídel v povodí Slubice

Zdroj: Plán rozvoje vodovodů a kanalizací kraje Vysočina
Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Pardubického kraje

Potenciální znečištění vodních toků komunálními odpadními vodami je kvantitativně vyjádřeno přepočtem na ekvivalentního obyvatele (EO). Dle nařízení vlády č. 61/2003 v platném znění představuje 1 EO produkci 60 g BSK₅ na osobu a den. Tímto způsobem byl počet obyvatel v povodí převeden na produkci BSK₅ za den, údaje o potenciálním znečištění za jednotlivá sídla jsou uvedena v tabulce 4.4, graficky je znázorňuje mapa 4.4.

V povodí se nenachází žádná významnější průmyslová výroba, o to více zde však najdeme výroby zemědělské. Na většině zemědělské půdy v zájmovém povodí hospodaří Zemědělská a.s. Krucemburk. I přes poměrně nízkou produkční schopnost půdy je v zájmovém území poměrně vysoké zornění 29,2 % (viz mapa 4.4), což vzhledem ke svažitému terénu, vyšším srážkám i nepříliš vhodným agrotechnickým postupům znamená vyšší míru znečištění. Typickými plodinami je v zájmovém povodí stále obilí, v posledních letech výrazně přibýlo výměr osetých řepkou a naopak ubylo brambor a lnu. Mezi stálé plodiny patří kukuřice a jetel. Zemědělská a.s. Krucemburk hospodaří v souladu s nastavenými dotačními programy, hnojení zemědělské půdy je korigováno na maximální průměrné hodnoty příslušných látek na hektar (například na orné půdě se musí vejít do průměrně 170 kg dusíku na ha, na loukách a pastvinách do 40 kg dusíku na ha - ústní sdělení, Zemědělská a.s. Krucemburk). Louky a pastviny v zájmovém povodí jsou obhospodařovány v režimu AGRO-ENVI, jedná se o šetrné hospodaření na travních porostech (kosení a pastva) tak, aby byla na lokalitě udržena druhová pestrost rostlin a na ně vázaných živočichů a zachována mozaika lesa a bezlesí. Šetrné hospodaření se zaměřuje i na optimální termín seče a pastvy, jejich intenzitu a celkový způsob provedení (např. ponechání neposečených částí jako útočiště pro živočichy) (<http://www.dotace.nature.cz/bezlesi-opatreni/setrne-hospodareni-na-zemedelske-pude.html>). Orgány ochrany přírody, v zájmovém povodí CHKO Žďárské vrchy, mají navíc v rámci programu AGRO-ENVI dostatečný prostor k úpravě požadavků na zemědělce dle potřeb konkrétní lokality. Jedná se např. o volbu různých termínů sečí či pastvy, zákazy hnojení, ponechání neposečených pásů, posuny seče, vynechání jedné ze sečí v případě dvojsečného dotačního titulu aj. (<http://www.dotace.nature.cz/bezlesi-opatreni/setrne-hospodareni-na-zemedelske-pude.html>).

Živočišná výroba v povodí byla v posledních letech výrazně omezena, modernizována a centralizována v rámci Zemědělská a.s. Krucemburk do několika málo lokalit mimo zájmové povodí. V povodí je v současné době živočišná výroba Zemědělské a.s. Krucemburk soustředěna do dvou ustájení pro skot na severním okraji obce Benátek a JZ okraji obce Chlum, celkem je zde ustájeno 50 ks skotu, který se pase na loukách mezi oběma ustájeními. Kravín v SV části obce Údavy je již několik let nevyužívaný. Na východním okraji obce Všeradov byl v posledních letech zrekonstruován objekt pro ustájení 350 ks dojníc, objekt patří Zemědělské a.s. Vysočina. Na statku soukromého zemědělce B. na Vyhnálově (Z okraj povodí) je ustájeno cca 40 ks skotu a soukromý zemědělec P. na loukách jižně od Benátek chová stádo ovcí (počet kusů nezjištěn). Údaje o počtech hospodářských zvířat lze pro lepší představu o potenciálním možném znečištění přepočítat na produkci BSK₅ za den. Podle Frajera (1980) lze potenciální znečištění živočišnou výrobou vyjádřit násobkem populačního

ekvivalentu zatížení (PEZ), který jak už bylo výše zmíněno odpovídá produkci 60 g BSK₅ na jednoho EO za den. Populační ekvivalenty znečištění pro jednotlivá hospodářská zvířata jsou uvedeny v tabulce 4.5. Potenciální znečištění v rámci jednotlivých zemědělských objektů uvádí tabulka 4.6, graficky je znázorňuje mapa 4.4.

Součástí všech těchto zemědělských objektů by měly být funkční kanalizace a bezodtokové jímky. Současné legislativě odpovídá pravděpodobně pouze zrekonstruované ustájení ve Všeradově.

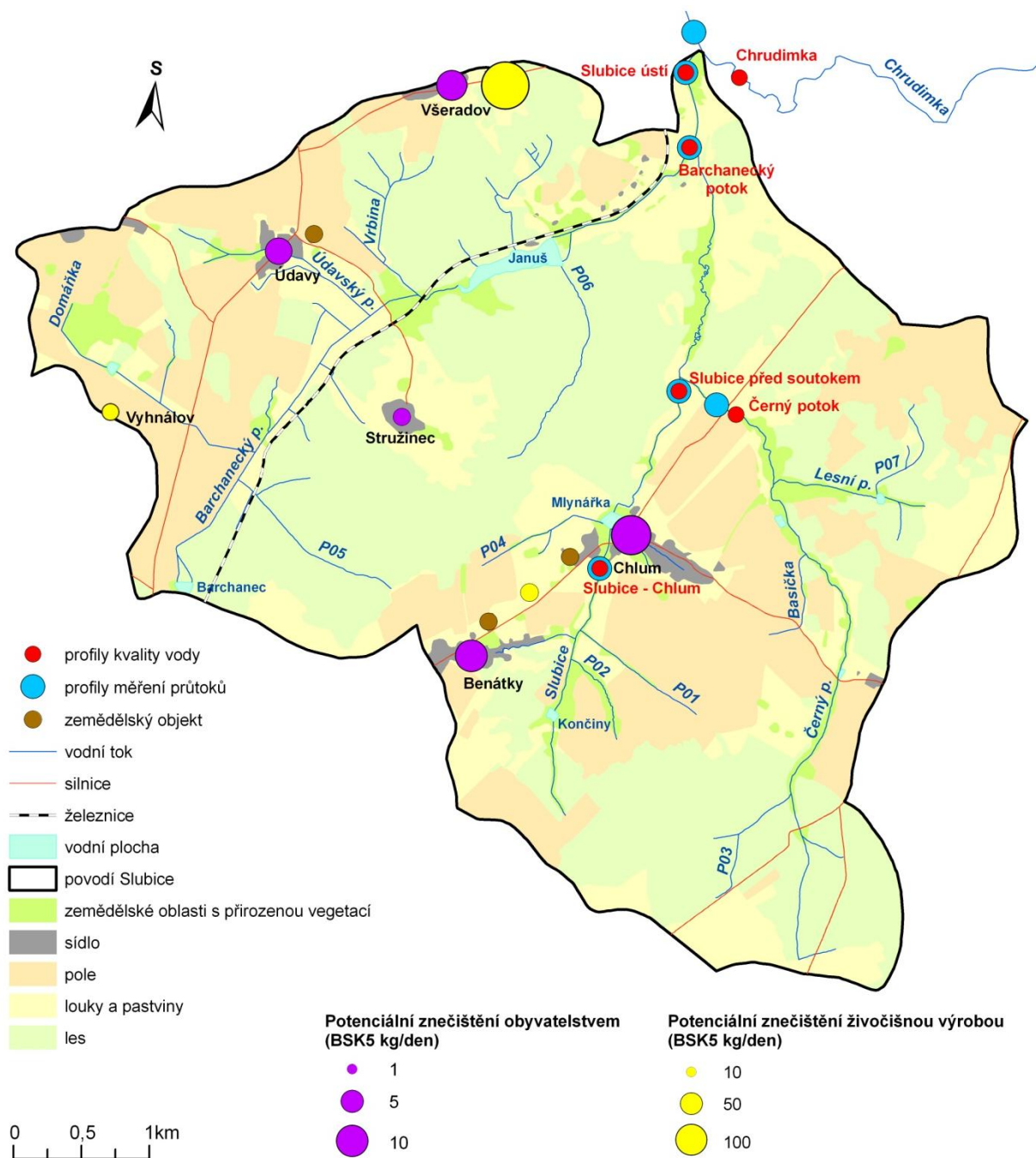
Hospodářské zvíře	PEZ (osob)
Kráva	11,1
Tele	6,5
Žír ve výkrmu skotu	9,0
Jalovice	8,0
Prase ve výkrmu	5,5
Prase v předvýkrmu	4,0
Prasnice	3,5
Sele	3,5

Tabulka 4.5 Populační ekvivalenty znečištění
Zdroj: Frajer (1980)

Zemědělský objekt	Počet ks hospodářských zvířat	BSK ₅ kg/den
Benátky + Chlum	50 krav	33,3
Všeradov	350 krav	233,1
Vyhnálov	40 krav	26,6

Tabulka 4.6 Potenciální znečištění živočišnou výrobou v povodí Slubice

V zájmovém povodí sice chybí čištění komunálních odpadních vod na ČOV, v celém zájmovém území však žije pouze 741 stálých obyvatel a za „největšími“ sídly Benátky a Chlum se nachází rybník Mlynářka, který funguje částečně jako „biologický rybník“. Samočistící schopnost vody je tedy podle autorky dostatečná na to, aby potenciální znečištění produkované obyvatelstvem zvlášť negativně neovlivňovalo kvalitu vody v tocích. Potenciální znečištění živočišnou výrobou se soustřeďuje do zemědělského objektu ve Všeradově, toto volné ustájení dojníc však v posledních letech prošlo rekonstrukcí a modernizací podle přísných pravidel ČR i EU, a proto je reálné znečištění touto živočišnou výrobou velmi málo pravděpodobné. Pastva 50 krav na loukách zřejmě také nezpůsobuje závažnější znečištění vodních toků. Otázkou zůstává znečištění z živočišné výroby na usedlosti Vyhnálov, kde není k dispozici dostatek relevantních informací. Jako problém se v zájmovém povodí jeví spíše velkoplošné využívání průmyslových hnojiv i hnojiv organického původu v současné době i vysoká koncentrace hnojiv v půdě z konce 20. století. Vzhledem ke svažitému terénu a vyšším úhrnům srážek v zájmovém povodí mohou splachy ze zemědělské půdy způsobit poměrně značné znečištění vodních toků. V zájmovém území se nenachází žádný průmysl ani skládka tuhého komunálního odpadu. Z výše uvedeného lze usuzovat, že by vodní toky v zájmovém povodí neměly být výrazně znečištěny.



Mapa 4.4 Potenciální znečištění obyvatelstvem a živočišnou výrobou v povodí Slubice

Zdroj: Terénní průzkum
 Letecké snímky GEODIS Brno (2005-2009)
 DIBAVOD
 ZM ČR 1:10 000

4.7 KVALITA VODY

Posouzení kvality vody je nezbytnou součástí návrhu revitalizačních opatření, protože v případě špatné kvality vody ani dobře realizovaná revitalizace oživení toku nepomůže.

4.7.1 Charakteristika odběrových profilů

Pro posouzení kvality vody v povodí Slubice bylo vybráno 6 odběrových profilů tak, aby co nejlépe vystihovaly různé typy znečištění a změny kvality vody v rámci povodí. Rozmístění profilů v povodí je patrné z mapy 4.4.

Profil 1. Slubice – Chlum (ř. km 4,65) se nachází na horním toku Slubice nad sídlem Chlum cca 500 m pod výustí jednotné kanalizace ze sídla Benátky. Koryto toku nese zbytky opevnění kulatinou v patách břehu a lomovým štěrkem ve dně. Chemismus vody je zde ovlivněn splachy ze zemědělsky obhospodařovaných polí a drenážní vodou, která je v úseku nad profilem do toku velmi často zaústěna. Možné je i určité zatížení kvality vody komunálními odpadními vodami. Břehy tvoří porosty ruderální vegetace s převahou kopřiv a trav společně s porosty olší. Profil je závěrovým profilem pro lokalitu navrhovanou k revitalizaci REV 2 (viz foto 1).

Profil 2. Černý potok (ř. km 0,44) se nachází nad státní silnicí Chlum – Hlinsko a tvoří v podstatě závěrový profil povodí Černého potoka (pravostranný přítok Slubice). Koryto toku není opevněno, břehy jsou pokryty různými druhy trav a stromovou vegetací, nejčastěji olše a břízy (viz foto 2). Chemismus vody je ovlivněn splachy z obhospodařovaných polí v nivě toku. Tento profil byl pro zjišťování kvality vody používán také Rozkošným a kol. (2007), viz kapitola 2.4.4.1.



Foto 1 (vlevo) Profil 1. Slubice (Chlum) se nachází na horním toku Slubice nad sídlem Chlum (ř. km 4,65), **Foto 2 (vpravo)** Profil 2. Černý potok (ř. km 0,44)

Profil 3. Slubice před soutokem s Černým potokem (ř. km 2,95) je profil na středním toku pod revitalizací realizovanou v 90. letech. Koryto je opevněno zbytky kulatiny v patách břehu a lomovým štěrkem ve dně, břehy pokrývá pravidelně kosený travní porost a liniová výsadba stromů s poměrně značnými rozestupy (viz foto 3). Chemismus vody je ovlivněn splachy z polí a drenážní vodou ústící do koryta zprava, ale také rybníkem Mlynářka v sídle Chlum, který funguje částečně jako „biologický rybník“ a je zde realizován chov ryb. Chemismus je zde proto částečně ovlivněn i komunálními odpadními vodami. Kvalita vody v tomto profilu byla rovněž hodnocena Rozkošným a kol. (2007), viz kapitola 2.4.4.1.

Profil 4. Slubice ústí (ř. km 0,33) na dolním toku Slubice před soutokem s Chrudimkou je závěrovým profilem lokality navrhované k revitalizaci REV 1 a zároveň závěrovým profilem celého povodí. Koryto toku je opevněno ve březích vegetačními tvárniciemi a ve dně lomovým kamenem.

Břehy pokrývají různé druhy trav a stromová i keřová vegetace, na levém břehu galeriová, na pravém břehu les (viz foto 4). Chemismus vody v profilu je ovlivněn především splachy ze zemědělsky obhospodařované půdy výše proti proudu.



Foto 3 (vlevo) Profil 3. Slubice (před soutokem s Černým potokem) na středním toku Slubice pod rybníkem Mlynářka a sídlem Chlum (ř.km 2,95), **Foto 4 (vpravo)** Profil 4. Slubice ústí (ř. km 0,33)



Foto 5 (vlevo) Profil 5. Barchanecký potok před soutokem se Slubicí (ř. km 0,06), **Foto 6 (vpravo)** Profil 6. Chrudimka (ř.km 78,42)

Profil 5. Barchanecký potok (ř. km 0,06) je situován před soutokem se Slubicí. Koryto je místy opevněno plastovou síťovinou polpet a zbytky kulatiny uchycenými nyní zejména ve dně toku. V úseku dochází k ukládání značného množství splavenin (především jemného šterku). Břehy pokrývá ruderalní vegetace s převahou trav a kopřiv a husté porosty olší (viz foto 5). Chemismus je ovlivněn zaústěním odpadních vod z domácností roztroušené zástavby Jasného Pole na levém břehu i sídel výše po toku, rybníkem Januš (cca 1,5 km proti proudu) a splachy z polí, zejména v horní části povodí.

Profil 6. Chrudimka (ř. km 78,42) se nachází v poměrně přirozeném úseku neupraveného koryta meandrujícího v pravidelně sečených loukách (foto 6). Výše proti proudu protéká Chrudimka městem Hlinsko a dále řadou menších vesnic. Komunální odpadní vody obyvatel Hlinska a sídla Kouty a průmyslové odpadní vody (např. z mlékárny) jsou však čištěny v městské ČOV, několik set metrů proti proudu Chrudimky. Kvalitu vody v Chrudimce ovlivňují tedy zbytky znečištění ve vodě přitékající z ČOV, odpadní vody z menších sídel proti proudu a dále splachy ze zemědělsky obhospodařovaných ploch. Jedním z cílů navrhované revitalizace je propojení přírodního úseku výše po toku Slubice s přírodním úsekem Chrudimky. Vyhodnocováním kvality vody v tomto profilu bylo

tedy zjišťováno, jak si tento úsek Chrudimky pod městem Hlinsko (a pod ČOV) stojí z hlediska kvality vody a zda je myšlenka propojení přírodních úseků z hlediska morfologie reálná i v souvislosti s kvalitou vody.

4.7.2 Odběry a zpracování vzorků

Během hydrologického roku 2010 byly ve výše uvedených profilech celkem třikrát odebrány vzorky a zjišťována kvalita vody v níže uvedených parametrech. Odběry se uskutečnily 17. 11. 2009, 14. 2. 2010 a 23. 5. 2010, voda byla odebrána do plastových láhví (1,5 l), vypláchnutých odebíranou vodou, v proudnici, cca 10 cm pod hladinou. Vzorky byly uchovávány do druhého dne, kdy byly prováděny rozborů, v temnu a chladu. Vzorky byly zpracovány autorkou v Laboratoři ochrany vod Ústavu pro životní prostředí (PřF UK v Praze). V rámci chemických rozborů byly zjišťovány hodnoty pro těchto 12 parametrů: celková alkalita $KNK_{4,5}$, celková acidita $ZNK_{8,3}$, pH, elektrolytická konduktivita, tvrdost, dusitanový dusík, dusičnanový dusík, amoniakální dusík, ortofosforečnany, $CHSK_{Mn}$, vápník a chloridy. Při každém odběru vody byla také měřena teplota vody, rozpuštěný kyslík a průtoky. Jejich hodnoty jsou spolu s ostatními parametry uvedeny v tabulce 4.7 a 4.8.

4.7.3 Měření průtoků

Vyjma rozborů kvality vod byly průtoky na 6 profilech v zájmovém území měřeny pomocí hydrometrické vrtule jedenkrát měsíčně od listopadu 2008 do května 2010. Profily pro měření průtoků byly vybrány tak, aby splňovaly podmínky dostatečně dlouhého rovného úseku bez velkých balvanů a značného množství vodních rostlin, dostatečné hloubky k ponoření vrtule a profil byl vždy umístěn kolmo na směr proudění. Profily pro měření průtoků se, jak ukazuje mapa 4.4 v případě profilů 1, 3, 4 a 5, shodují s výše popsány profily pro odběry na kvalitu vody. V případě profilu 2 (Černý potok) byl profil pro měření průtoků posunut pod státní silnici, kde je pravidelné lichoběžníkové koryto opevněno betonovými prefabrikáty a travní porost břehů je pravidelně sečen (viz foto 7). V případě profilu 6 (Chrudimka) byla voda pro chemické rozborů odebírána v meandrech nad soutokem se Slubicí, zatímco průtoky byly měřeny v rovném úseku pod soutokem se Slubicí (viz foto 6). Naměřené hodnoty byly zpracovány graficky – početní metodou a příslušné průtoky jsou uvedeny v grafu 6.1 a



Foto 7 Profil 2. Černý potok pro účely měření průtoků (ř. km 0,42)

6.2, konkrétní hodnoty pak uvádí příloha 5. Společně s měřením průtoků byla měřena i teplota vody a množství rozpuštěného kyslíku, příslušné hodnoty zjištěné za celé období 11/2008 až 5/2010 jsou uvedeny v příloze 6 a 7.

4.7.4 Výsledky chemických rozborů vybraných parametrů

Hodnocení jakosti povrchových vod bylo provedeno podle ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod z října 1998, podle níž byly měrné profily zařazeny do jedné z pěti příslušných tříd jakosti (třída I – neznečištěná voda, třída II – mírně znečištěná voda, třída III – znečištěná voda, třída IV – silně znečištěná voda, třída V – znečištěná voda).

Název profilu	1. Slubice (Chlum)				2. Černý potok				3. Slubice (před soutokem s Černým p.)			
Hodnocený parametr	min	průměr	max	třída	min	průměr	max	třída	min	průměr	max	třída
Průtok [m ³ .s ⁻¹]	0,021	0,028	0,039		0,011	0,031	0,043		0,038	0,050	0,062	
Teplota [°C]	1,0	6,0	11,5	-	0,0	5,2	10,5	-	1,0	6,5	13,5	-
Rozpuštěný kyslík [mg/l]	7,7	9,5	12,2	I	7,7	10,3	13,3	I	8,2	10,6	13,2	I
Celková alkalita KNK _{4,5} [mmol/l]	0,72	0,83	0,94	-	0,62	0,70	0,84	-	0,93	1,01	1,15	-
Celková acidita ZNK _{8,3} [mmol/l]	0,20	0,26	0,29	-	0,19	0,22	0,29	-	0,19	0,29	0,39	-
pH	7,22	7,35	7,42	-	6,99	7,14	7,29	-	7,03	7,23	7,38	-
Konduktivita [μS/cm]	197	204	214	I	123	135	146	I	203	223	237	I
Tvrdost vody [mmol/l]	0,91	0,96	1,02	-	0,66	0,70	0,77	-	1,02	1,07	1,13	-
Dusitany [mg/l]	0,08	0,09	0,10	-	0,04	0,04	0,04	-	0,13	0,14	0,15	-
Dusičnany [mg/l]	24,08	27,92	31,83	V	18,42	21,77	25,65	V	22,19	25,40	30,40	V
Amonné ionty [mg/l]	0,16	0,45	0,87	III	0,05	0,27	0,55	II	0,06	0,39	0,76	III
Ortofosforečnany [mg/l]	0,09	0,11	0,13	-	0,03	0,04	0,05	-	0,09	0,10	0,11	-
CHSK _{Mn} (Kubel) [mg/l]	4,56	6,21	8,40	II	6,00	9,28	14,24	IV	4,64	9,79	17,92	IV
Vápník [mg/l]	24,29	28,54	30,80	I	18,48	19,69	20,34	I	24,64	28,51	32,55	I
Chloridy (podle Mohra) [mg/l]	11,76	12,58	13,34	I	0,69	1,99	2,81	I	12,80	16,32	18,25	I

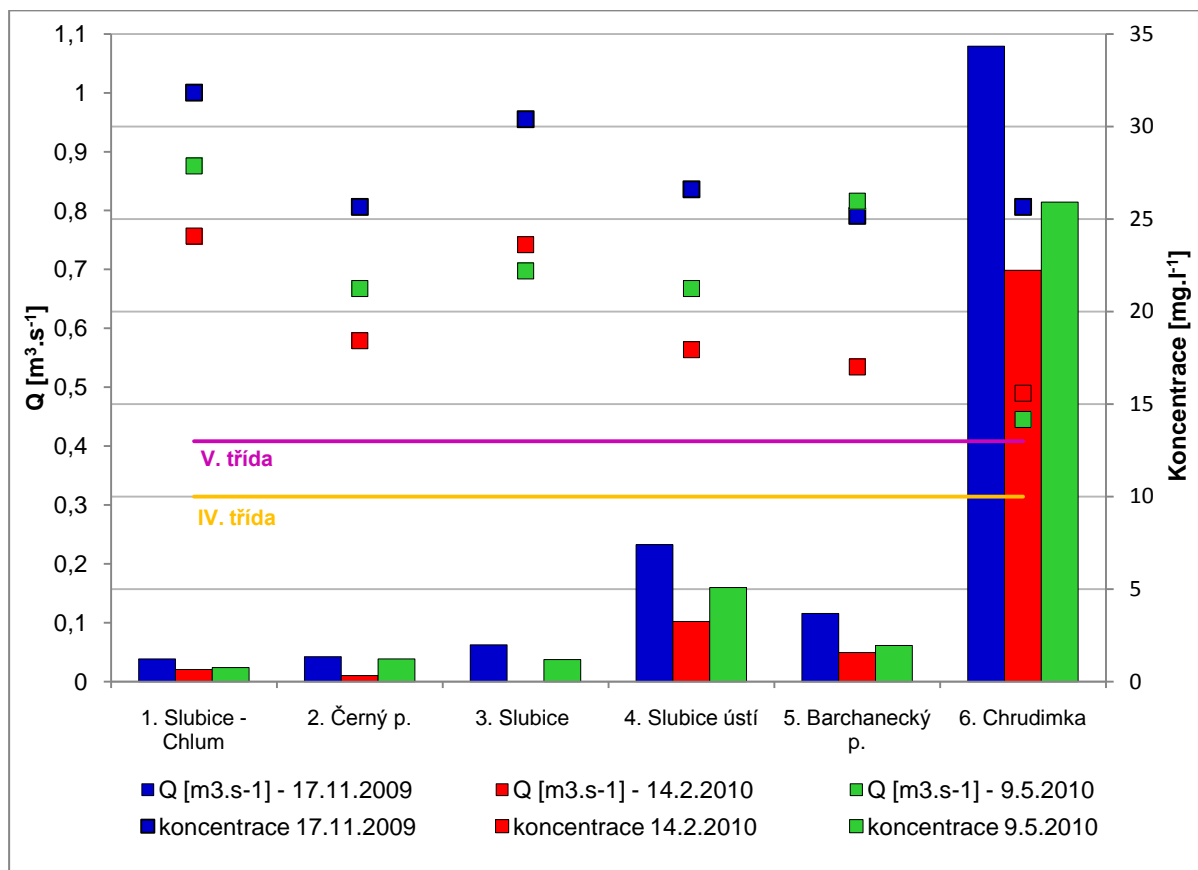
Tabulka 4.7 Souhrnné výsledky jakosti vod na vybraných profilech (1. – 3.) v povodí Slubice

Název profilu	4. Slubice (ústí)				5. Barchanecský potok				6. Chrudimka			
Hodnocený parametr	min	průměr	max	třída	min	průměr	max	třída	min	průměr	max	třída
Průtok [m ³ .s ⁻¹]	0,102	0,165	0,233		0,050	0,076	0,116		0,699	0,864	1,079	
Teplota [°C]	0,5	6,2	13,0	-	1,0	6,8	14,5	-	0,5	6,5	13,5	-
Rozpuštěný kyslík [mg/l]	7,4	10,1	11,8	II	7,8	9,8	11,4	I	7,8	10,3	11,9	I
Celková alkalita KNK _{4,5} [mmol/l]	0,72	1,08	1,57	-	1,03	1,07	1,15	-	0,52	0,94	1,25	-
Celková acidita ZNK _{8,3} [mmol/l]	0,19	0,24	0,29	-	0,19	0,26	0,39	-	0,19	0,24	0,29	-
pH	6,97	7,27	7,49	-	7,08	7,35	7,53	-	6,96	7,37	7,68	-
Konduktivita [μS/cm]	165,00	183,33	196,00	I	170,00	184,67	196,00	I	153,00	218,00	280,00	I
Tvrdost vody [mmol/l]	0,72	0,80	0,86	-	0,77	0,91	1,01	-	0,56	0,73	0,96	-
Dusitany [mg/l]	0,07	0,07	0,08	-	0,06	0,08	0,10	-	0,09	0,52	1,38	-
Dusičnany [mg/l]	17,94	21,93	26,60	V	17,00	22,72	25,97	V	14,17	18,47	25,65	V
Amonné ionty [mg/l]	0,29	0,79	1,57	III	0,21	0,34	0,51	II	0,29	3,51	8,68	V
Ortofosforečnany [mg/l]	0,07	0,08	0,08	-	0,09	0,10	0,11	-	0,06	0,08	0,11	-
CHSK _{Mn} (Kubel) [mg/l]	6,56	10,35	15,68	IV	6,88	11,65	18,56	IV	7,76	10,27	14,72	IV
Vápník [mg/l]	20,53	24,43	28,48	I	22,59	27,83	34,59	I	18,48	22,05	25,30	I
Chloridy (podle Mohra) [mg/l]	7,26	10,03	13,34	I	5,88	7,34	8,42	I	8,65	18,80	28,08	I

Tabulka 4.8 Souhrnné výsledky jakosti vod na vybraných profilech (4. – 6.) v povodí Slubice

Protože byly na vybraných profilech v povodí Slubice odběry uskutečněny pouze třikrát, nelze ze zjištěných hodnot vypočítat charakteristickou hodnotu ukazatele C90, hodnocení bylo proto provedeno podle maximálních zjištěných hodnot (v případě rozpuštěného kyslíku minimální zjištěnou hodnotou). V tabulce 4.7 a 4.8 jsou uvedeny minimální, průměrné a maximální zjištěné hodnoty

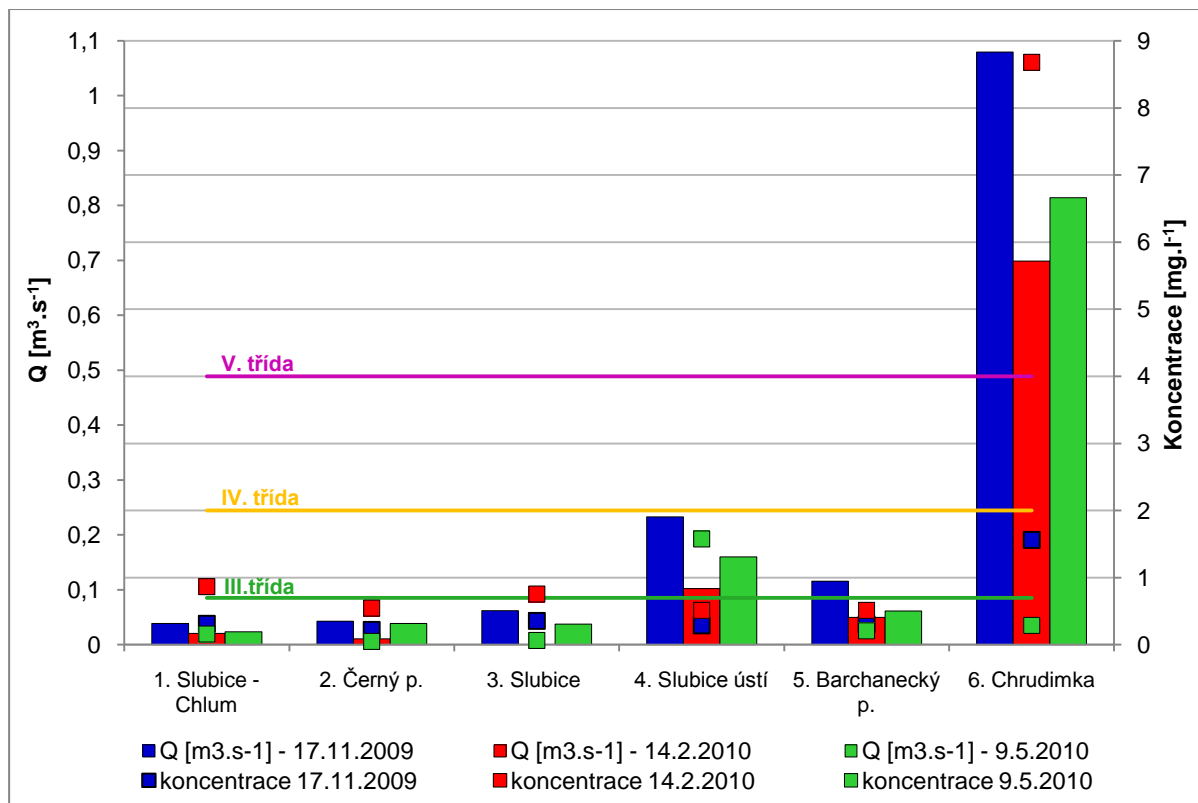
daných parametrů a orientační zařazení do příslušných tříd podle nejnepríznivější zjištěné hodnoty zjišťovaného parametru.



Graf 4.2 Závislost mezi koncentrací dusičnanů a odpovídajícími naměřenými průtoky na sledovaných profilech (uvedena je též mezní hodnota pro IV. a V. třídu jakosti vody podle ČSN 75 7221)

Z tabulky 4.7 a 4.8 je patrné, že největším problémem na všech sledovaných profilech v povodí Slubice je znečištění nutriety, zejména dusičnany, které se do vody dostávají splachy ze zemědělsky obhospodařované půdy hnojené minerálními nebo organickými hnojivy, na všech sledovaných profilech byla dosažena V. třída jakosti. Graf 4.2 znázorňuje fakt, že nejvyšší koncentrace byly naměřeny v listopadu, kdy již dusičnany nejsou odčerpávány z půdy vegetací a dále je z grafu patrné, že při zjištění nejvyšších koncentrací (znázorněny bodově) byl zároveň na sledovaných profilech i nejvyšší průtok (znázorněn sloupce). Je tedy zřejmé, že se dusičnany do vodních toků dostávají z plošných zdrojů znečištění, splachy z polí, a k jejich vyplavování dochází ve větší míře v obdobích zvýšených srážek. Výjimku tvoří květnový odběr na Barchaneckém potoce (PF 5), který byl výrazně ovlivněn vypouštěním rybníka Januš a únorový odběr na Slubici (PF 3), kdy bylo koryto místy překryto sněhem a nebylo ani možné objektivně změřit průtok. Problémem je i zvýšená koncentrace amoniakálního dusíku, na profilu Chrudimka byla nárazově v únoru zaznamenána koncentrace dvojnásobně převyšující mezní hodnoty pro V. třídu. Z grafu 4.3 je patrné, že oproti koncentracím dusičnanů byly nejvyšší koncentrace amonných iontů zaznamenány v únoru 2010 spolu s nejnižšími naměřenými průtoky, zdrojem znečištění jsou tedy patrně komunální odpadní vody ze

sídel v povodí zaústěné do toků jako bodové zdroje znečištění. V listopadu 2009 byla na profilu Chrudimka zjištěna i vysoká koncentrace dusitanového dusíku. Dusitany a anorganické fosforečnany nemají v ČSN 75 7221 uvedeny mezní hodnoty pro zařazení do jednotlivých tříd. Koncentrace dusitanů se profil od profilu liší (viz tabulka 4.7 a 4.8) a vzhledem k tomu, že se do toků dostávají zejména splachem z polí při silných srážkách, jejich koncentrace se zvyšuje spíše nárazově. Anorganické fosforečnany, jejichž zdrojem jsou minerální hnojiva a odpadní vody z pracích prostředků, dosahují na vybraných profilech koncentrací 0,11 mg/l, vyšší koncentrace se projevila pouze na horním toku (profil 1), naopak výrazně nižších koncentrací dosahuje voda v profilu 2.

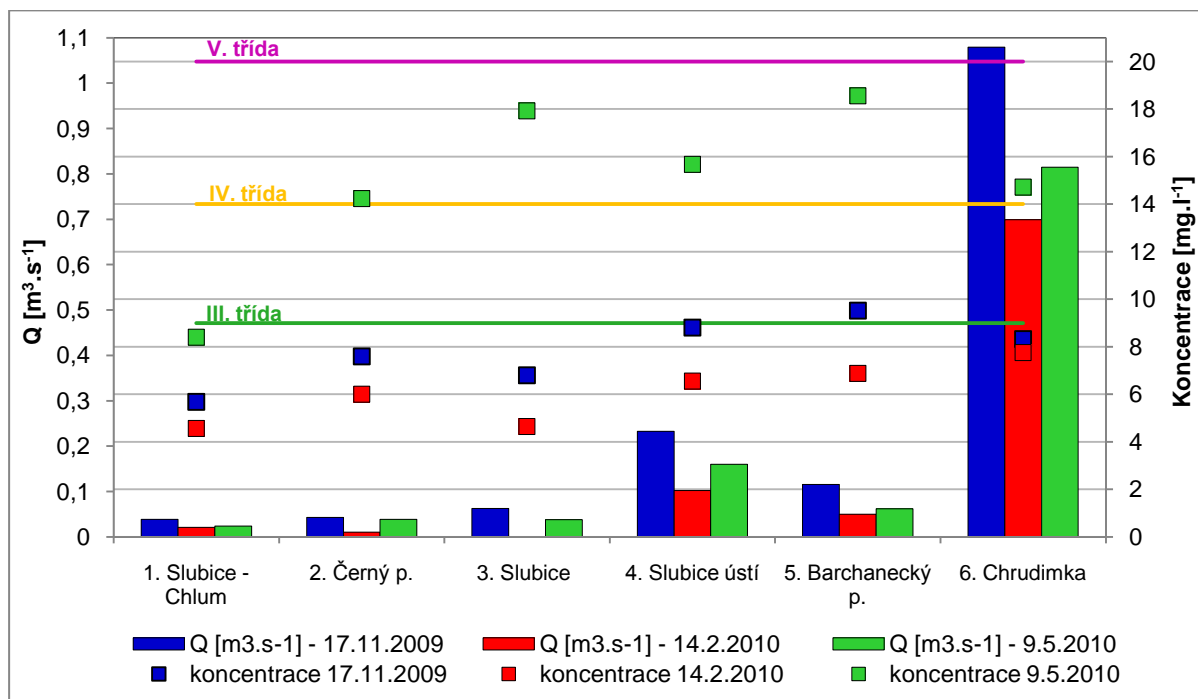


Graf 4.3 Závislost mezi koncentrací amonných iontů a odpovídajícími naměřenými průtoky na sledovaných profilech (uvedena je též mezní hodnota pro III., IV. a V. třídu jakosti vody podle ČSN 75 7221)

Dalším závažným problémem kvality vod v povodí Slubice je organické znečištění reprezentované chemickou spotřebou kyslíku manganistanem draselným (CHSK_{Mn}), která udává množství kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek na chemickou oxidaci ve vodě přítomných organických látek. Vyjma profilu 1 na horním toku Slubice byla na všech zbývajících profilech orientačním zařazením podle nejhorší hodnoty dosažena IV. třída jakosti vody (viz graf 4.4). Nejvyšší koncentrace organických látek se v tocích nacházejí v letních měsících, kdy také nejintenzivněji probíhá jejich biologický rozklad, na sledovaných profilech se nejvyšší koncentrace organických látek projevila podle tohoto předpokladu při květnovém odběru.

Rozpuštěný kyslík dosahuje ve většině sledovaných profilů I. třídy jakosti, pouze v profilu 4 na dolním toku Slubice dosahuje II. třídy jakosti. Kyslík je tedy ve vodě koncentrován dostatečně.

Rozpustnost kyslíku ve vodě se zvyšuje s klesající teplotou, proto nejvyšších hodnot dosahuje v zimních měsících.



Graf 4.4 Závislost mezi CHSK_{Mn} a odpovídajícími naměřenými průtoky na sledovaných profilech (uvedena je též mezní hodnota pro III., IV. a V. třídu jakosti vody podle ČSN 75 7221)

Co se týče ostatních hodnocených parametrů, konduktivita je na všech profilech v I. třídě jakosti, pH kolísá kolem hodnot 7,0 – 7,5, ve všech hodnocených profilech se jedná o vodu měkkou, vápník a chloridy se na všech profilech vyskytují v zanedbatelném množství (I. třída), nejnižší koncentrace vykazuje profil 2.

5. HYDROEKOLOGICKÝ MONITORING (HEM) V POVODÍ SLUBICE

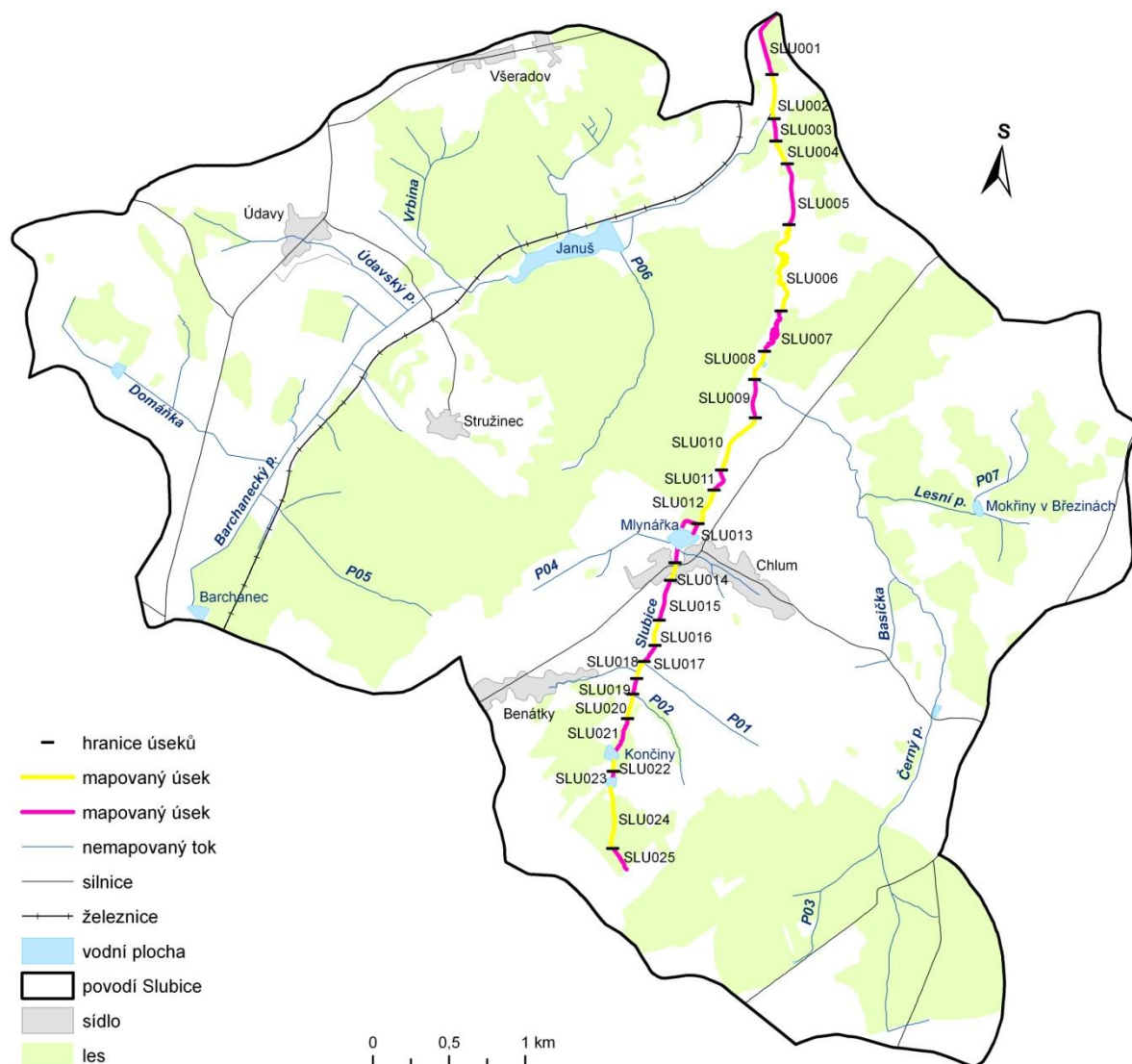
5.1 ROZVRŽENÍ ÚSEKŮ, MONITORING A ZPRACOVÁNÍ DAT

Na základě výše uvedené metodiky „Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků“ EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2008) byl na podzim 2007 a jaře 2008 autorkou uskutečněn monitoring na tocích v povodí Slubice v celkové délce 32,84 km. Hodnoceno bylo 29 dílčích parametrů, v rámci hlavního parametru „Jakost povrchových vod“ nebyly hodnoceny hydrochemické a hydrobiologické vlastnosti. Výsledky hodnocení jsou detailně popsány v bakalářské práci autorky (Kujanová, 2008), celkový ekomorfologický stav toků v povodí Slubice na základě metody EcoRivHab zachycuje mapa 7.1. V rámci diplomové práce byla na hlavním toku povodí – Slubici, která je předmětem zájmu revitalizačních opatření, aplikována nová metodika pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků akceptovaná Ministerstvem životního prostředí ČR: HEM – Hydroekologický monitoring (Langhammer, 2007b, 2008). Hlavní charakteristiky metody HEM jsou uvedeny v tabulce 2.1 a kapitole 3.2.

Hydroekologický monitoring HEM byl realizován za účelem vyzkoušet si novou oficiální metodu ČR pro monitoring hydromorfologických charakteristik, porovnání výsledků mapování s dříve aplikovanou metodou EcoRivHab a praktické využití výsledků z obou monitoringů při návrhu revitalizačních úprav v zájmové lokalitě.

Na základě výše popsané metody HEM byl uskutečněn hydroekologický monitoring na hlavním toku povodí Slubice v celkové délce 6,47 km. Na zájmovém toku bylo vymezeno 25 úseků heterogenní délky, homogenních v klíčových ukazatelích upravenosti v pořadí podle významnosti pro vymezení hranic úseku, které se vzájemně nepřekrývají. Primárním kritériem pro vymezení hranic úseku je půdorysný průběh trasy toku, v případě, že je tento stejnorodý na delším úseku, rozhoduje charakter využití příbřežní zóny a údolní nivy. V případě homogenního charakteru trasy toku i využití údolní nivy je dalším parametrem pro stanovení hranice úseku charakter upravenosti koryta toku. Jednotlivé úseky byly číslovány podle metody HEM od ústí k prameni a označeny vždy 3 znaky pro název toku a třemi znaky pro pořadí úseku, např. SLU007 je označení sedmého úseku toku Slubice od ústí. Jako podklad pro mapování a zakreslování hranic úseků v terénu sloužila ZM ČR 1:10 000. Vymezení hodnocených úseků je uvedeno v mapě 5.1 (barevné odlišení jednotlivých úseků je uvedeno pouze pro vymezení hranic mezi jednotlivými úseky a nemá žádný jiný význam), vymezení úseků pomocí říčních kilometrů a poloha hranic úseků zaměřená GPS je uvedena v příloze 8. Průměrná délka mapovaného úseku je 258,9 m. Na vodním toku Slubice se nachází rybníky Mlýnářka v rámci úseku SLU013, Končiny II v rámci úseku SLU022 a Končiny I v rámci úseku SLU024, na které se metoda HEM nevztahuje, nebyly proto hodnoceny. Úsek SLU023 je v celé své délce 49 m zatrubněn, nebyl

proto hodnocen podle vybraných parametrů a byl mu automaticky přiřazen 5. stupeň hydromorfologického stavu – zničený.



Mapa 5.1 Vymezení a označení jednotlivých úseků

Zdroj: DIBAVOD

ZM ČR 1:10 000

Mapování bylo uskutečněno za velmi nízkých vodních stavů v září 2009. V rámci monitoringu bylo hodnoceno 16 parametrů ze 17 hodnocených parametrů metody HEM. (Seznam dílčích hodnocených parametrů, jejich váha a příslušnost k hodnoceným zónám je uvedena v tabulce 3.1.) V rámci zóny *Proudění a hydrologický režim* nebyl hodnocen parametr *Variabilita průtoku*, protože jako vstupní hodnoty pro stanovení tohoto parametru slouží hodnoty průměrného denního průtoku a průměrného ročního průtoku, v povodí Slubice však neprobíhá kontinuální monitoring ČHMÚ ani správce toku. Data průtoků lze přepočítat na základě podobnosti s jiným párovým povodím, již průtok v závěrovém profilu Slubice uváděný v Hydrologických poměrech ČSSR byl však pravděpodobně zjištěn dopočítáváním, další přepočítávání průtoků se proto autorce jeví jako zavádějící. Variabilita odtoku pro zájmové území byla vyhodnocena na základě pravidelného měření hydrometrickou vrtulí,

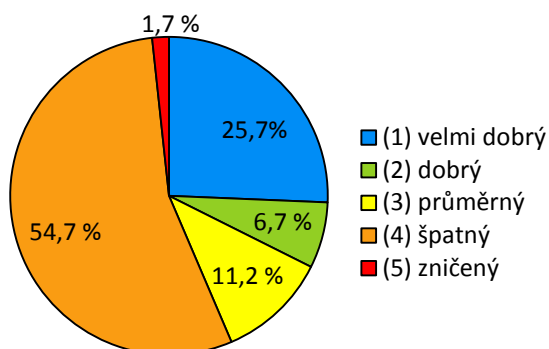
viz kapitola 7.6. Jako další zdrojová data vyjma základních vstupních dat, která představují výsledky terénního mapování, jsou pro hodnocení změn trasy koryta (parametr *Upravenost trasy toku*) doporučeny historické mapy 2. Vojenského mapování z let 1832-54 zachycující období před nástupem industriální revoluce. Vzhledem k řádovosti zájmového toku nebyly tyto podklady dostatečně podrobné, a proto byly využity mapy císařského povinného otisku stabilního katastru Čech v měřítku 1 : 2 880 pro zájmové území vymapované v letech 1838 a 1839.

Z formulářů vyplněných v terénu byla vytvořena tabulková databáze hodnot dílčích parametrů všech mapovaných úseků, z níž byly na základě vah jednotlivých parametrů vypočítány dílčí hydromorfologické kvality 4 hlavních zón a následně byla vypočítána výsledná hydromorfologická kvalita úseku. Klasifikace hydromorfologického stavu byla provedena přiřazením hodnoty hydromorfologické kvality do jednoho z pěti stupňů hydromorfologického stavu. Takto určené stupně hydromorfologického stavu byly následně přiřazeny jednotlivým úsekům v tematických mapách.

5.2 HODNOCENÍ HYDROMORFOLOGICKÉHO STAVU JEDNOTLIVÝCH ZÓN

5.2.1 Koryto a trasa toku

Zóna koryto a trasa toku byla hodnocena na základě 5 dílčích parametrů: (1) upravenost trasy toku, (2) podélná průchodnost koryta, (3) variabilita šířky koryta, (4) variabilita zahloubení v podélném profilu, (5) variabilita hloubek v příčném profilu (Langhammer, 2007).

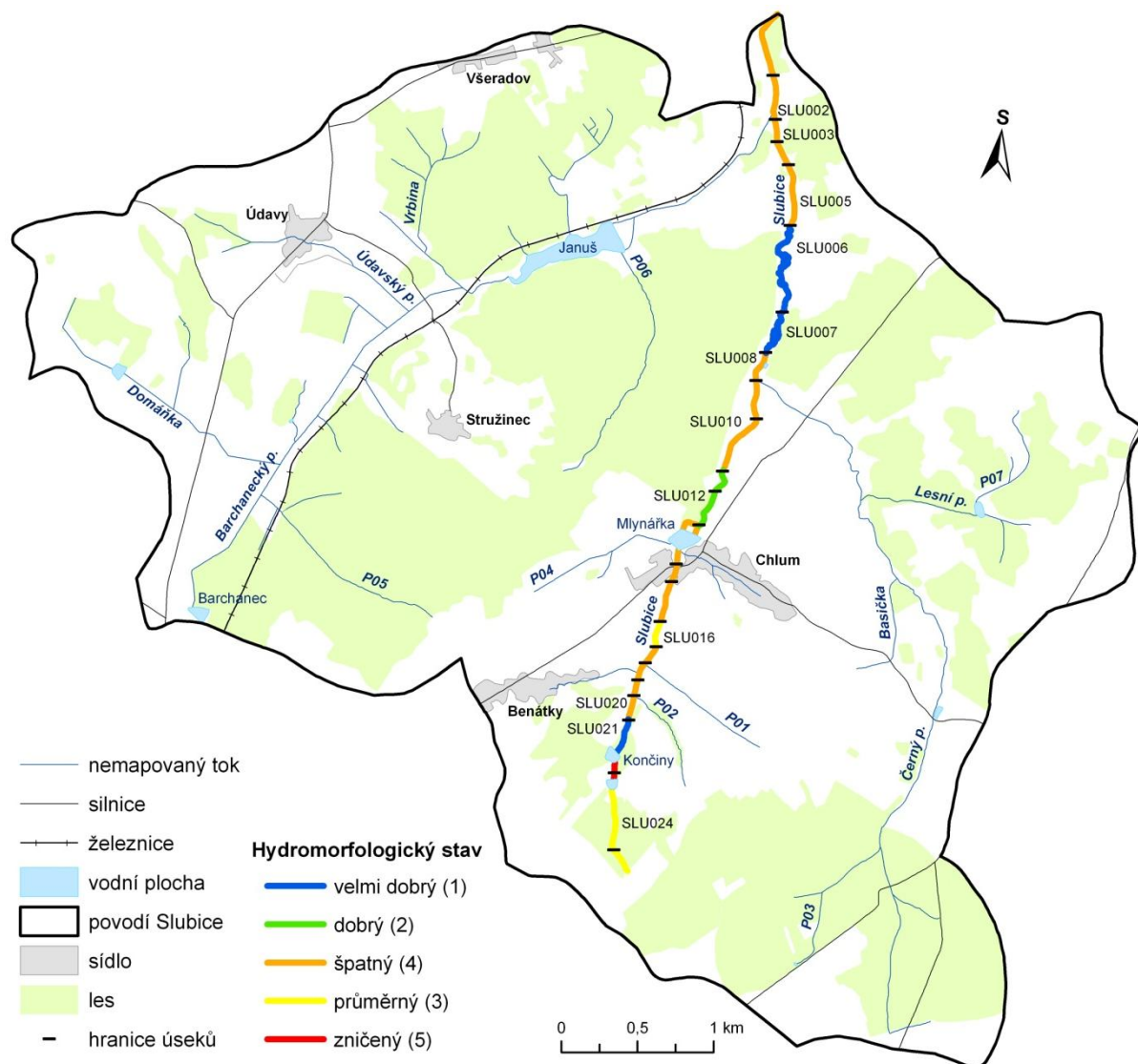


Graf 5.1 Zastoupení stupňů hydromorfologického stavu v zóně koryto a trasa toku Slubice



Foto 8 (vlevo) Zachovalá úprava v patách břehů kulatinou a kamenným pohozem, extrémní zahloubení koryta (SLU020, ř. km 5,56 – špatný HS), **Foto 9 (vpravo)** Nízký stupeň v revitalizovaném napřímeném úseku (SLU009, ř. km 3,18 – špatný HS)

Hodnocení této zóny dopadlo v porovnání se zbývajících třemi hodnocenými zónami nejhůře, 54,7 % z celkové délky mapovaných úseků bylo vyhodnoceno ve špatném hydromorfologickém stavu, tzn. že byly přiřazeny do 4. stupně hydromorfologického stavu (viz graf 5.1). Tyto úseky vyznačené v mapě 5.2 oranžovou barvou jsou uměle napřímené a zahloubené (foto 8), variabilita hloubek v příčném profilu je nízká z důvodu úpravy koryta a na úsecích jsou zpravidla uměle vytvořené skluzy či nízké stupně, početné především v úsecích SLU009 a SLU010 (foto 9).



Mapa 5.2 Hydromorfologický stav zóny koryta a trasy toku Slubice

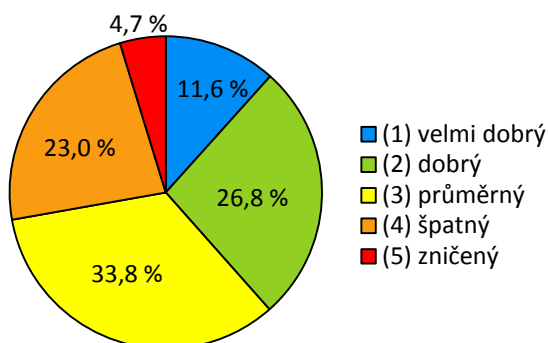
Zdroj: Terénní mapování
DIBAVOD
ZM ČR 1:10 000

Ve velmi dobrém hydromorfologickém stavu se v rámci zóny koryta a trasy toku nachází 25,7 % z celkové délky mapovaných úseků, jedná se o úseky SLU006, SLU007 a SLU021, jejichž dílčí parametry byly hodnoceny nejhůře skóre 2 (v rámci všech mapovaných zón), proto je můžeme podle metody HEM označit za úseky referenční, tzn. úseky, jejichž stav není výrazně ovlivněn člověkem. Trasa těchto úseků nejeví známky napřímení, v úsecích se nevyskytují překážky v podélné průchodnosti a variabilita hloubek v příčném profilu je minimálně střední. V průměrném

hydromorfologickém stavu (HS) bylo v zóně koryta a trasy vyhodnoceno 11,2 % z celkové délky mapovaných úseků (viz graf 5.1), jedná se o úsek SLU024 ovlivněný hrází rybníka Končiny I a úseky SLU016 a SLU025 postižené napřímením. Z celkové délky mapovaných toků bylo pouze 6,7 % vyhodnoceno v dobrém HS a 1,7 % ve zničeném HS. V dobrém HS se nacházejí úseky SLU011 a SLU012 (zeleně na mapě 5.2) s neupravenou meandrující trasou a střední členitostí v podélném i příčném profilu. Jako zničený byl označen zatrubněný úsek SLU023.

5.2.2 Dno

Zóna dna byla hodnocena na základě 4 dílčích parametrů: (1) struktury dna, (2) dnový substrát, (3) upravenost dna, (4) mrtvé dřevo v korytě.

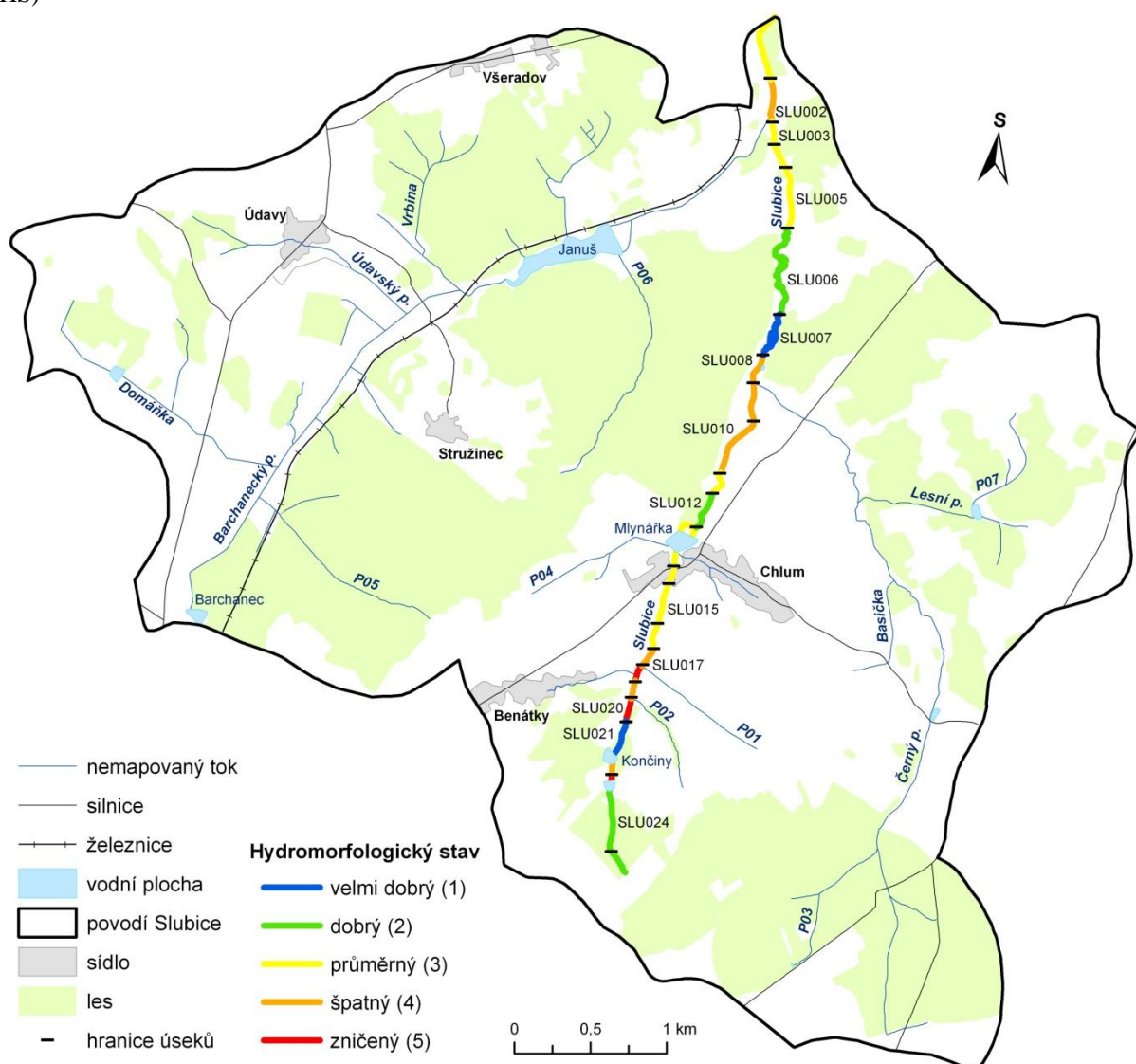


Graf 5.2 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v zóně dna toku Slubice

Z celkové délky hodnocených úseků bylo 33,8 % v průměrném stavu, 26,8 % v dobrém stavu a 23,0 % ve stavu špatném (viz graf 5.2). Pouze 11,6 % z celkové délky mapovaných úseků bylo vyhodnoceno ve velmi dobrém hydromorfologickém stavu, jedná se o výše zmiňované tzv. referenční úseky SLU007 a SLU021 v nichž se vyskytují ze struktur dna lavice, ostrovy, mělčiny i tůně (foto 10), jejich dno není upraveno, substrát tvoří převážně štěrk, ale i písek a prach a nachází se zde i mrtvé dřevo. Za zničené byly v rámci zóny dna označeny úseky SLU018, SLU020 a zatrubněný úsek SLU023, tvořící 4,7 % z celkové délky mapovaných toků (mapa 5.3). Jedná se o upravené úseky s umělým substrátem v podobě kamenného pohození bez pozorovaných typů struktur dna, bez výskytu mrtvého dřeva. V dobrém HS byly vyhodnoceny úseky s neupraveným dnem SLU006, SLU012, SLU024 a SLU025, které mají oproti velmi dobrému stavu nižší výskyt struktur dna a mrtvého dřeva. V zóně dna je nejrozšířenější kategorií průměrný stav (tyto úseky jsou v mapě 5.3 vyznačeny žlutě), stav úseků zhoršuje zejména upravenost koryta, umělý substrát v podobě kamenného pohození, nízký výskyt struktur dna a mrtvého dřeva. Špatný HS úseků (vyznačených oranžově v mapě 5.3) lze charakterizovat jako upravené koryto toku s umělým substrátem či kamennou rovinou s absencí struktur dna i mrtvého dřeva (foto 11).



Foto 10 (vlevo) Vyvinuté struktury dna v referenčním úseku SLU007, ř. km 2,25 – velmi dobrý HS, **Foto 11 (vpravo)** Zbytky záhozu na dně a kulatiny v patách břehů revitalizovaného úseku (SLU009, ř. km 3,15 – špatný HS)

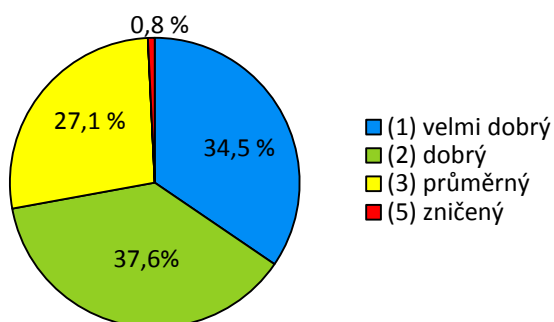


Mapa 5.3 Hydromorfologický stav zóny dno toku Slubice

Zdroj: Terénní mapování
DIBAVOD
ZM ČR 1:10 000

5.2.3 Břeh a inundační území

V rámci zóny břeh a inundační území byly hodnoceny 4 parametry: (1) upravenost břehu, (2) břehová vegetace, (3) využití příbřežní zóny do 50 m od toku, (4) využití údolní nivy.



Graf 5.3 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v zóně břeh a inundační území toku Slubice

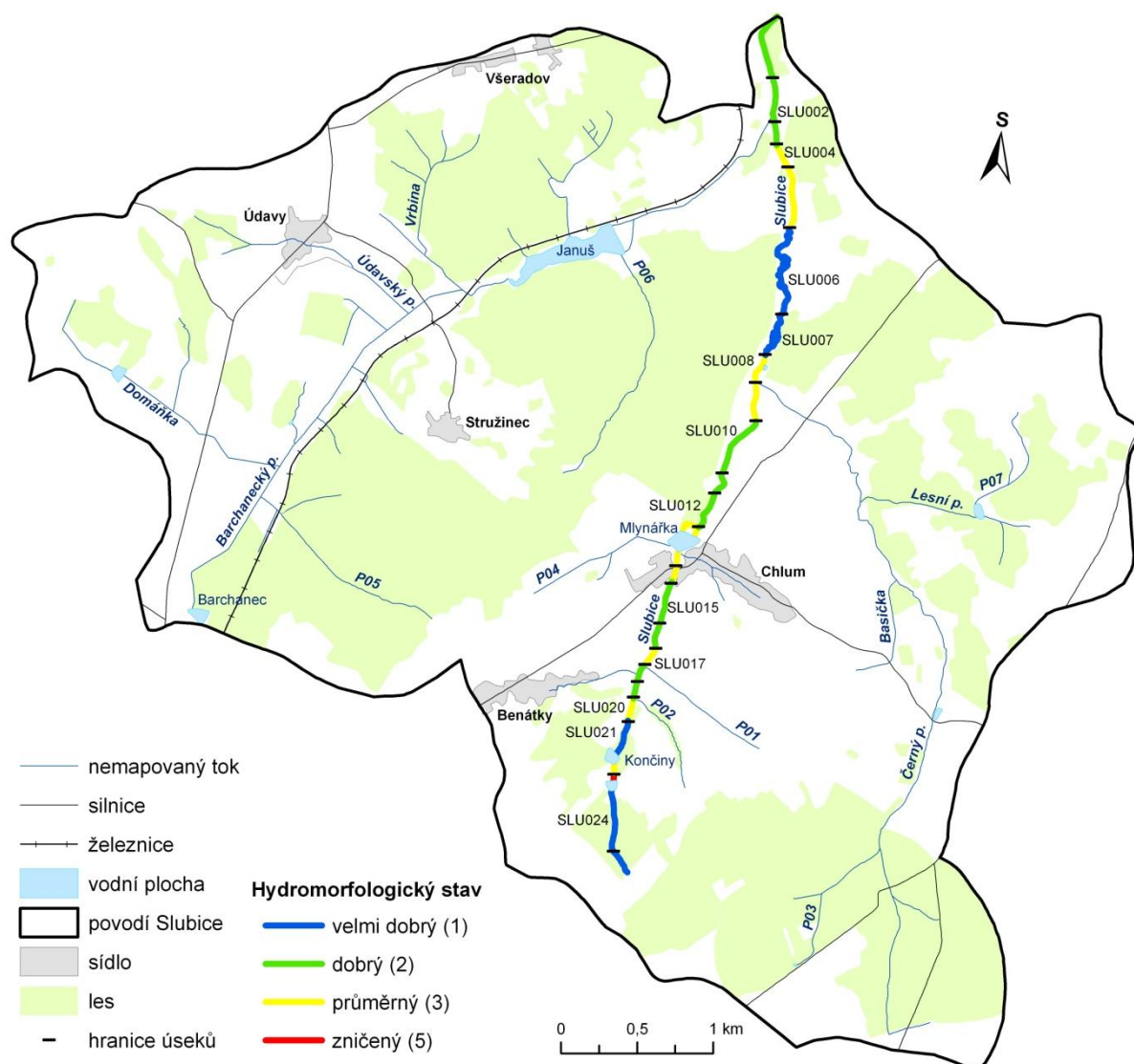
Zóna břeh a inundační území dopadla v porovnání s předchozími zónami velmi dobře. Z grafu 5.3 je patrný velmi dobrý stav pro 34,5 % celkové délky hodnocených toků, v dobrém HS se nachází další 37,6 % z hodnocené délky, v dobrém a velmi dobrém stavu se tedy nachází téměř tři čtvrtiny z hodnocených břehů a inundačního území.



Foto 12 (vlevo) Úsek SLU007 (ř. km 2,20) s vyvinutou nivou a galeriovou vegetací ve březích – velmi dobrý HS, **Foto 13 (vpravo)** Úsek SLU021 (ř. km 5,89) příbřežní zónu i údolní nivu tvoří přirozený les – velmi dobrý HS, **Foto 14 (dole)** Pramenná oblast Slubice, příbřežní zónu i údolní nivu tvoří velmi vlhký olšový les (SLU024, ř. km 6,05, velmi dobrý HS)

V případě velmi dobrého HS (modrých úseků v mapě 5.4) se jedná opět o referenční úseky SLU006, SLU007 a SLU021 (foto 12, 13) a úseky v pramenné oblasti SLU024 a SLU025 (foto 14) s břehy bez známek úprav porostlými galeriovou vegetací, případně přirozeným lesem, příbřežní zóny i niva těchto úseků je zpravidla zalesněna. Je zde patrná vyvinutá údolní niva, ve které není tok nikterak omezován. Úseky v dobrém HS (na mapě 5.4 zeleně) mají sice břehy

upravené vegetačními tvárniciemi (SLU001 - foto 16, SLU002), a dále proti proudu kulatinou (foto 15), jejich inundační území je však zalesněno nebo zde nivu tvoří louky. Břehy úseků SLU011 a SLU012 sice nejsou upraveny, ale pravá část příbřežní zóny i údolní nivu je vyplněna ornou půdou. Příbřežní zónu úseků SLU015, SLU016, SLU018, SLU019 tvoří převážně louky a úprava břehů kulatinou a kamenným pohozem je zde v havarijním stavu (tedy vždy jen na části úseku), úsek SLU015 má však na levém břehu navíc roztroušenou zástavbu obce Chlum a úsek SLU016 ornou půdu. Úseky v průměrném HS (na mapě 5.4 žlutě) mají břehy opevněné kulatinou a kamenným pohozem, přičemž jejich nivu tvoří zejména louky – SLU004, SLU008, SLU009, SLU022, nebo nejsou upraveny, ale v příbřežní zóně i nivě se nachází orná půda – SLU005, SLU017, SLU020, případně roztroušená zástavba obce Chlum – SLU013, SLU014. Zničený HS je klasifikován pouze v případě zatrubněného úseku SLU023.



Mapa 5.4 Hydromorfologický stav zóny břeh a inundační území toku Slubice

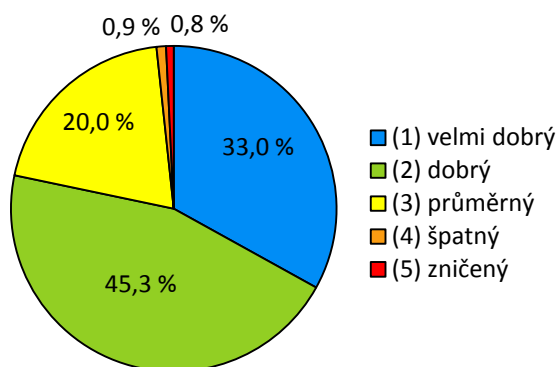
Zdroj: Terénní mapování
DIBAVOD
ZM ČR 1:10 000



Foto 15 (vlevo) Napřimené koryto, kulatina v patách břehů stabilizována ocelovými roxory, zbytky kamenného pohozu (SLU005, ř. km 1,30, průměrný HS), **Foto 16 (vpravo)** Slubice před zaústěním do Chrudimky, v patách břehů vegetační tvárnice a zbytky síťoviny (SLU001, ř. km 0,20, dobrý HS)

5.2.4 Proudění a hydrologický režim

Zóna proudění a hydrologický režim byla hodnocena na základě 3 parametrů: (1) charakter proudění, (2) ovlivnění hydrologického režimu, (3) průchodnost inundačního území. Parametr variabilita průtoku nebyl z výše uvedených důvodů hodnocen.



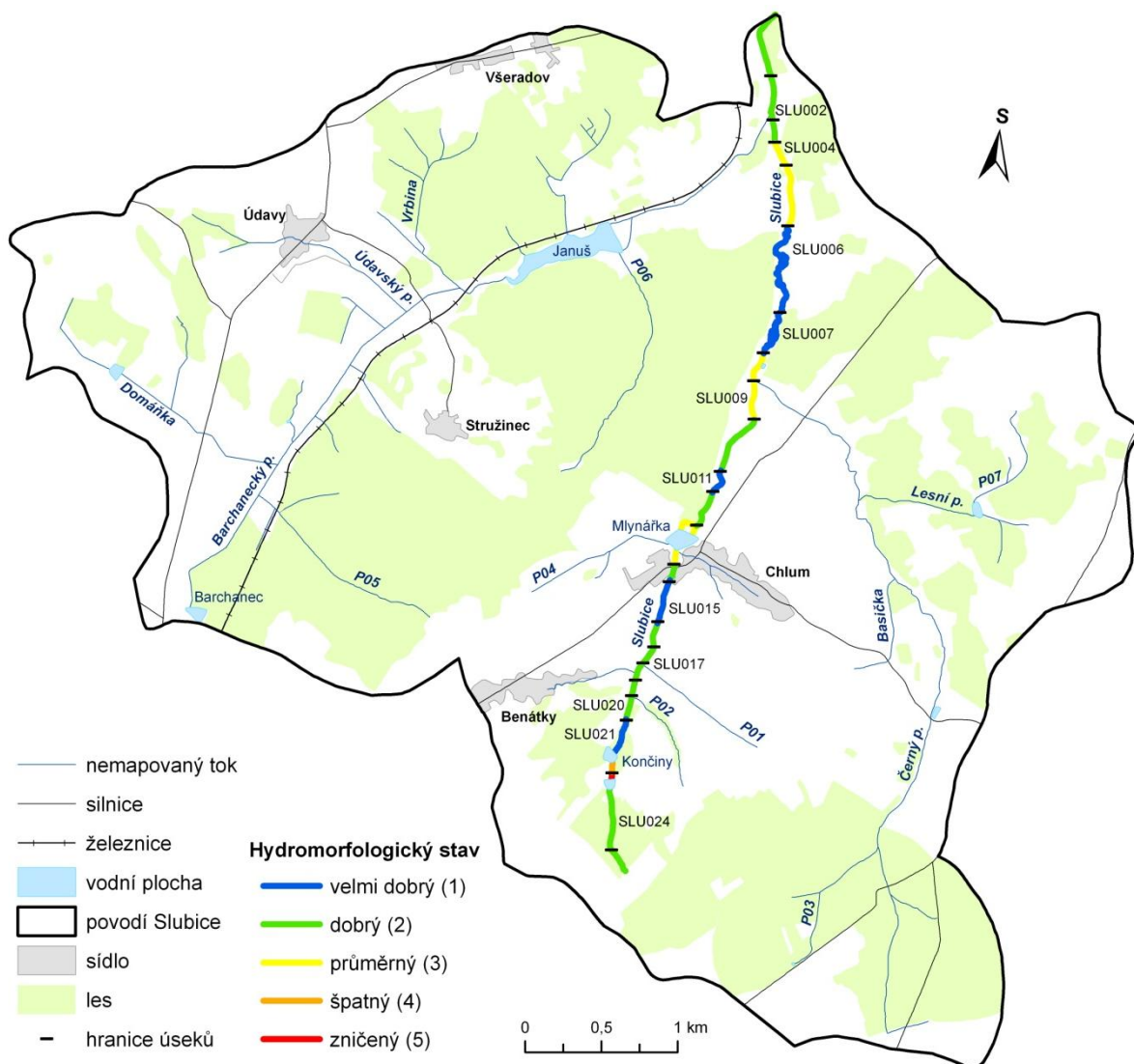
Graf 5.4 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v zóně proudění a hydrologický režim toku Slubice

V rámci hodnoceného toku dopadlo vyhodnocení proudění a hydrologického režimu ze všech zón nejlépe. Velmi dobře bylo hodnoceno 33 % z celkové délky a dobře 45,3 % z celkové délky hodnocených úseků (graf 5.4). Do prvních dvou stupňů hydromorfologického stavu tak bylo zařazeno 78,9 % délky mapovaných úseků. Rozdíly v hodnocení velmi dobře a dobře jsou dány charakterem proudění, zastoupením slapového a klouzavého proudu a tůní v jednotlivých úsecích. V průměrném HS se nachází 20 % délky úseků. Jako zničený byl označen zatrubněný úsek SLU023 pod hrází Končiny I. Ve špatném stavu se z hlediska proudění a hydrologického režimu nachází úsek SLU022 mezi rybníky Končiny I a Končiny II, který je trvale vzdut a regulován oběma hrázemi. Na dolním toku Slubice (úseky SLU001, SLU002, SLU003) je niva na levém břehu ohraničena náspem železnice (foto 17). V úsecích SLU004 a SLU005 upravený tok překonává větší výškový rozdíl, proud lze proto označit v celé délce za slapový a zóna spadá do průměrného HS. V úseku SLU008 je realizováno trvalé vzdutí za účelem napouštění a regulace bočního rybníčku, úseku SLU009 je vzdutí realizováno

mnoha jízky vytvořenými během revitalizačních úprav v 90. letech 20. století, oba úseky byly ohodnoceny průměrným HS. Úsek SLU013 je ovlivňován hrází rybníka Mlynářka, úsek SLU024 částečně ovlivňuje poškozená hráz rybníka Končiny I, toto zadržování vody v pramenné části je však zejména v letním období prospěšné než na závodu.



Foto 17 (vlevo) Násep železnice ohraničující nivu na dolním toku Slubice, **Foto 18 (vpravo)** Odběry vody a vypouštění odpadních vod v obci Chlum za letních velmi nízkých stavů (SLU015, ř. km 4,73)

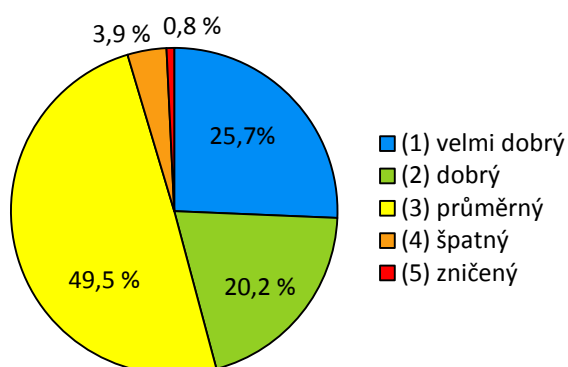


Mapa 5.5 Hydromorfologický stav zóny proudění a hydrologický režim toku Slubice
Zdroj: Terénní mapování, DIBAVOD, ZM ČR 1:10 000

5.3 CELKOVÝ HYDROMORFOLOGICKÝ STAV TOKU SLUBICE

Výsledná hydromorfologická kvalita jednotlivých úseků byla vypočítána jako aritmetický průměr dílčích hodnot vypočtených pro jednotlivé zóny (Langhammer, 2008).

Celkový hydromorfologický stav Slubice lze označit za průměrný, v průměrném hydromorfologickém stavu bylo klasifikováno 49,5 % délky mapovaných úseků. Z grafu 5.5 je patrné, že dalších 25,7 % z celkové hodnocené délky toku je ve velmi dobrém HS a 20,2 % v dobrém HS. Necelá 4 % byla klasifikována ve špatném HS, zatrubněnému úseku byl přiřazen stupeň 5 – zničený HS.



Graf 5.5 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu toku Slubice

Celkovou klasifikaci hydromorfologického stavu toku Slubice zhoršuje skutečnost, že zde v 2. polovině 20. století člověk provedl nešetřné hydromeliorační zásahy. V souvislosti s odvodněním přilehlých zemědělských pozemků byla upravena trasa koryta Slubice, napřímené úseky byly zahloubeny, aby do koryta mohly být zaústěny drenáže z okolních pozemků, vzhledem k vyšší energii vody v přímém zkráceném úseku pak bylo realizováno opevnění pat břehů i dna nejčastěji kulatinou v patách břehů upevněnou roxory či kůly a záhozem z kamene (foto 21), na dolním toku vegetačními tvárniciemi. Za účelem ochrany břehů bylo na dolním toku použito také několik typů síťoviny. Úpravami došlo také k unifikaci hloubek v příčném profilu, zrušení struktur dna i přirozené doprovodné vegetace (foto 22). Dalším odrazem činnosti člověka jsou dva menší rybníky (Končiny I a Končiny II vybudované v roce 1963 Českým rybářským svazem) na horním toku Slubice a vzdutý úsek mezi nimi, který je navíc částečně zatrubněn, aby zpřístupnil ornou půdu na pravém břehu toku Slubice. Mezi počiny člověka na toku Slubice patří ještě rybník Mlynářka v obci Chlum, který původně sloužil jako akumulací rybník pro mlýn pod hrází.

Dnes jsou tyto člověkem ovlivněné úseky v rámci hodnocení metodou HEM v průměrném hydromorfologickém stavu (na mapě 5.6 jsou vyznačeny žlutě) a tvoří téměř polovinu z celkové délky mapovaného toku. Jako zničený byl vyhodnocen zatrubněný úsek SLU023. Ve špatném HS vzdutý úsek mezi rybníky na horním toku a úsek SLU008 na středním toku, podél kterého chybí stromová doprovodná vegetace a je vzdut za účelem napouštění bočního soukromého rybníčku. Oba rybníky v Končinách mají porušené hráze. Hráz rybníka Končiny I byla narušena v průběhu odvodňovacích

prací v minulém století, která propouští vodu tak, že zde na jaře najdeme rybník, s přechodem do léta mokřad a na podzim louku. Hráz rybníka Končiny II v levé části bezpečnostního přelivu zčásti chybí (foto 19), zřejmě byla stržena větší vodou, rybník však nemůže být „jen tak“ vypuštěn a opraven, protože zde žijí škeble rybníčné, které jsou v zájmu CHKO Žďárské vrchy. Původně upravené úseky v současné době pozbývají realizovaných úprav, jedná se o velmi zahloubená přímá koryta protékající zpravidla zatravněnými nivami, která jsou často přerušována propustky zanesenými sedimenty, tedy většinou nedostatečné kapacity a v havarijním stavu (foto 23). Z původního opevnění místy zbývá kulatina v patách břehů nebo uvolněná v korytě, roxory trčící z pat břehů a zbytky kamenného pohozu (foto 20).



Foto 19 (vlevo) Poškozená (chybějící) hráz rybníka Končiny II (ř. km 5,92), **Foto 20 (vpravo)** Roxory a kulatina – zbytky původní úpravy Slubice (SLU005, ř. km 1,30, průměrný stav)



Foto 21 (vlevo) Zahloubené napřímené koryto na horním toku opevněné kulatinou v patách břehů a záhozem z kamene (SLU020, ř. km 5,56, průměrný HS), **Foto 22 (vpravo)** Napřímené koryto Slubice na dolním toku – umělé opevnění se již rozpadlo, zbývá pouze síťovina na březích, chybí doprovodná stromová vegetace (SLU004, ř. km 0,74, průměrný HS)

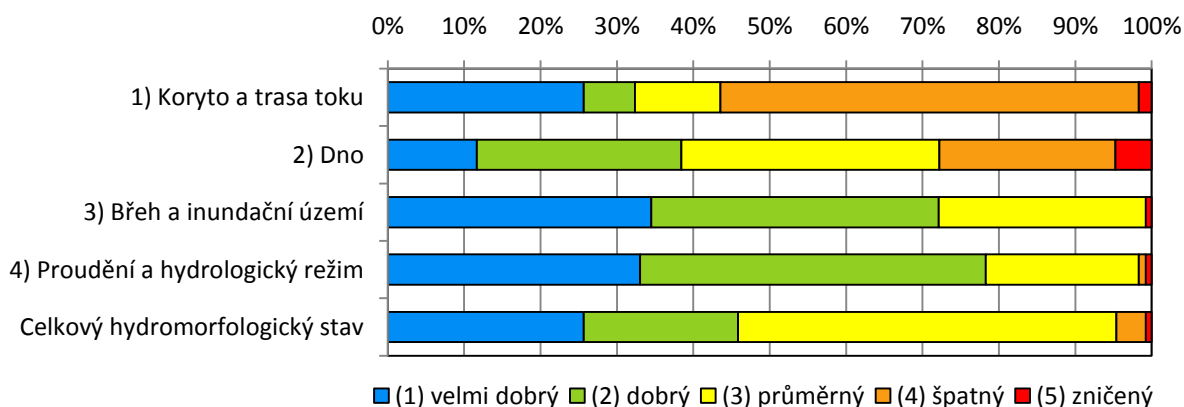
V upravených úsecích nad obcí Chlum můžeme pozorovat samovolné renaturalizační procesy spočívající v zanášení koryt splaveninami, postupném rozpadu umělého opevnění a v boční, ale i hloubkové erozi, která je podporována již tak značným zahloubením koryta. Renaturace je nejvíce patrná v úseku SLU015 (foto 24), proto je tento hodnocen v dobrém HS. Úseky SLU013 a SLU014 jsou ovlivňovány obyvateli obce Chlum a rybníkem Mlynářka. Na úsecích SLU009 a SLU010 byla v 90. letech realizována revitalizační opatření, která spočívala zejména ve vložení jízků a tůňek do

koryta a doplnění liniové výsadby podél toku, v hodnocení se však tato úprava pozitivně neprojevila a úseky taktéž spadají do průměrného HS.



Foto 23 (vlevo) „Typický“ propustek na horním toku Slubice – zanesený a poškozený (ř. km 5,46), **Foto 24 (vpravo)** Renaturace v úseku SLU015 (ř. km 4,81) – rozpad umělého opevnění, usazování sedimentů a jejich zarůstání, boční eroze (dobrý HS)

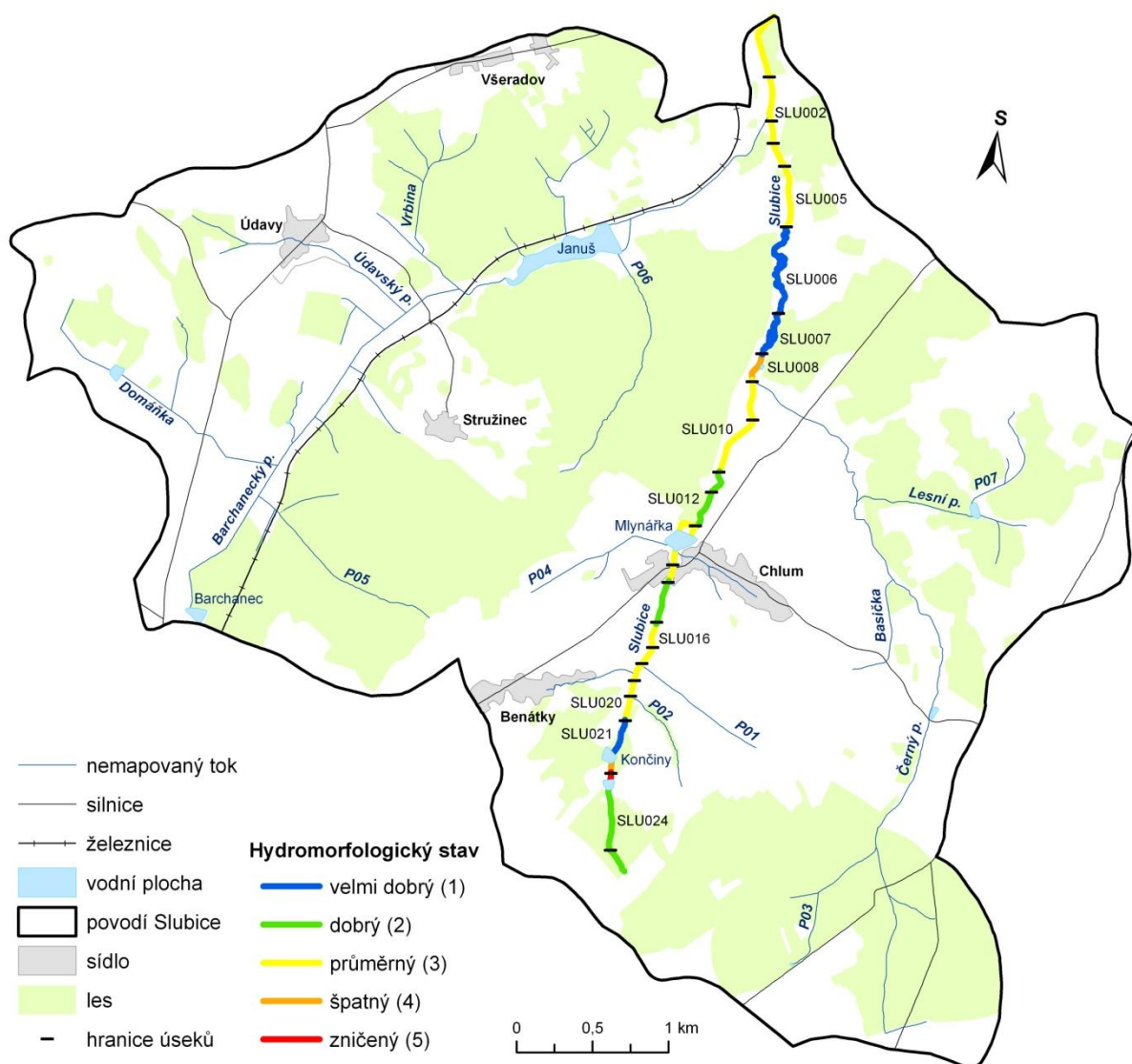
Hydromorfologický stav toku je vylepšován nízkým počtem trvale žijících obyvatel v celém povodí, resp. podél toku (na Slubici leží pouze obec Chlum s 255 obyvateli) a absencí průmyslu v zájmovém povodí. V příbřežní zóně i nivě Slubice se nachází poměrně značné množství doprovodné zeleně a ornou půdu v nivě nahradily pravidelně kosené louky. Proudění a hydrologický režim Slubice ovlivňuje pouze několik menších rybníků a jízdků do 0,5 m výšky. Povodňové ochranné hráze se zde nevyskytují a vzhledem k velikosti toku paralelně vedený násep železnice v nivě na dolním toku a křížení toku silnicí na Chlumu proudění ani hydrologický režim Slubice neovlivňuje. Problémy zde může způsobovat maximálně ucpání propustků či malá retence vody v krajině zapříčiněná nadměrným zahloubením koryta, která způsobuje na přelomu léta a podzimu velmi nízké vodní stavy či vysychání koryta na horním toku Slubice. Zóny *břeh a inundační území a proudění a hydrologický režim* jsou tak mnohem lépe hodnoceny než upravená koryta toku v rámci zón *koryto a trasa toku a dno* (viz graf 5.6).



Graf 5.6 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v jednotlivých zónách a výsledném hydromorfologickém stavu toku Slubice

Hydromorfologický stav toku odpovídá podle metody HEM referenčním podmínkám, pokud daný úsek dosahuje velmi dobrého HS, a zároveň žádný z hodnocených ukazatelů nedosahuje horšího skóre než 2. Tyto podmínky splňují celkem 3 člověkem nejméně ovlivněné úseky: SLU006 a SLU007 na dolním toku a SLU021 na horním toku Slubice (v mapě 5.6 označeny modře).

V dobrém HS se nacházejí úseky v pramenné části Slubice a pod rybníkem Mlynářka, v nichž nebyla koryta uměle opevňována a již zmiňovaný upravený úsek SLU015, v němž se začíná projevovat renaturace.



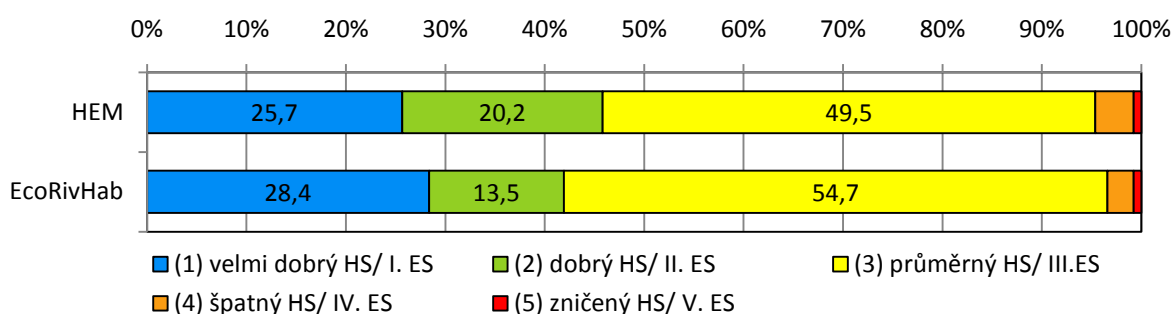
Mapa 5.6 Výsledný hydromorfologický stav toku Slubice

Zdroj: Terénní mapování
DIBAVOD
ZM ČR 1:10 000

5.4 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MAPOVÁNÍ METODAMI EcoRivHab A HEM

I přes značnou podobnost obou ekohydromorfologických metod vykazují výsledky určité odlišnosti. Základním rozdílem mezi metodami je odlišný princip hodnocení, zatímco metoda EcoRivHab srovnává jednotlivé hodnocené parametry s předem stanoveným referenčním stavem,

HEM hodnotí současný stav parametrů. Drobné odchylky v celkovém hodnocení jsou způsobeny rozdílným vymezením a rozsahem jednotlivých mapovaných zón. Metoda EcoRivHab vymezuje 3 mapované zóny, důraz klade na doprovodné vegetační pasy (DVP) a údolní nivu, které vymezuje jako 2 samostatné zóny, koryto toku je hodnoceno jako jedna zóna, přičemž zahrnuje charakter proudění, hydrologický režim, vegetaci a technické úpravy břehů. DVP a údolní niva toku v dobrém stavu tedy zlepšují celkové hodnocení ekomorfologického stavu toku v případě, že je zóna koryta antropogenně ovlivněna. Metoda HEM vymezuje 4 mapované zóny, kromě zóny koryta a trasy toku je samostatnou zónou i dno, proudění a hydrologický režim. Břeh a inundační území je včetně příbřežní zóny hodnoceno komplexně jako jedna zóna, která navíc zahrnuje i parametr upravenosti břehů. V případě metody HEM je tedy velký důraz kladen na koryto toku, jehož stav se rozhodujícím způsobem promítá do celkového hodnocení, zatímco příbřežní zóna a údolní niva ustupuje do pozadí. Břeh je zde vnímán jako součást příbřežní zóny, ne jako součást koryta. Vzhledem k těmto okolnostem lze předpokládat přísnější hodnocení pomocí metody HEM. Z grafu 5.7 však vyplývá, že metoda HEM je sice přísnější při zařazování úseků do velmi dobrého/přírodního stavu, v kategorii dobrého/mírně antropogenně ovlivněného stavu je naopak přísnější metoda EcoRivHab. Nelze tedy jednoznačně určit, která z metod hodnotí tok Slubice hůře.

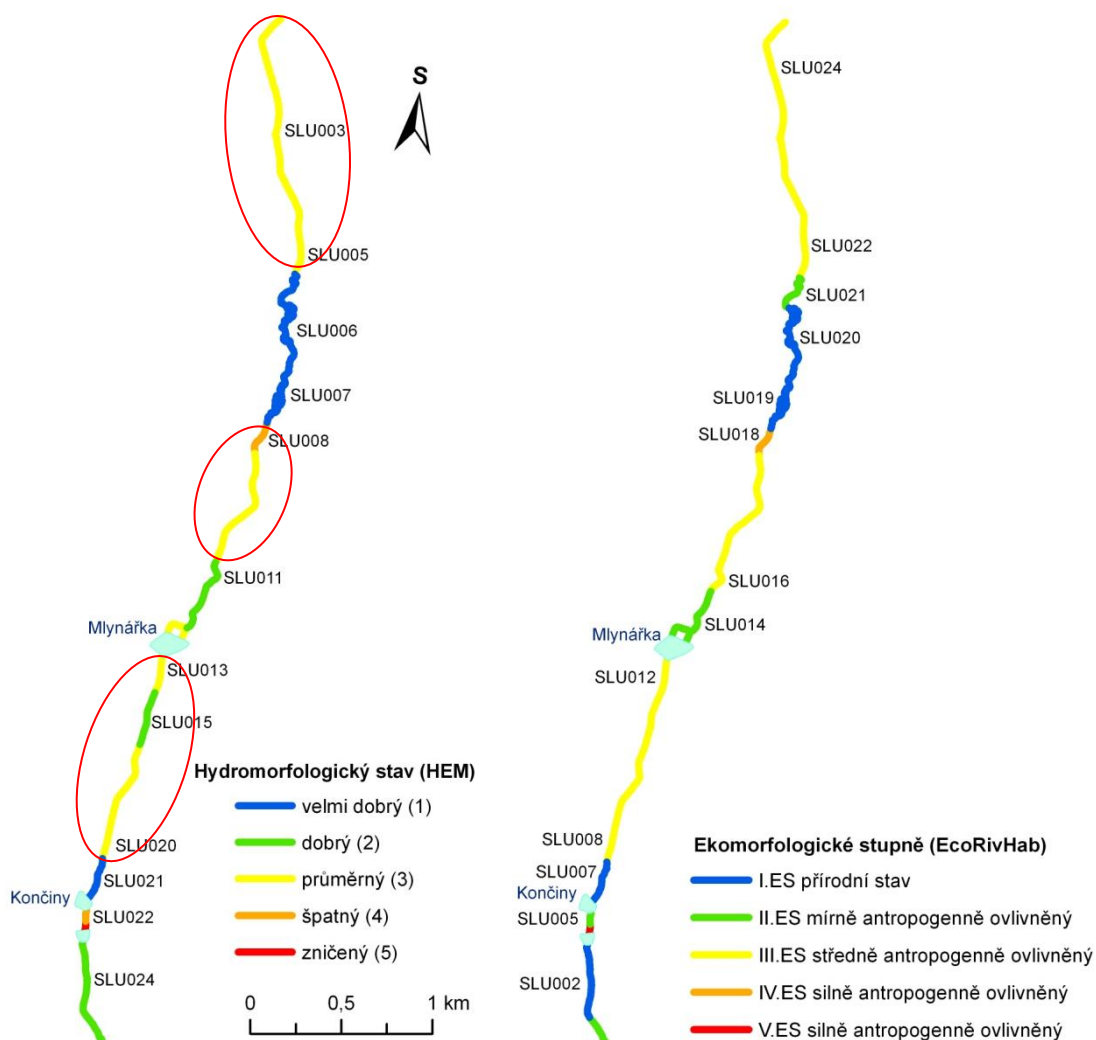


Graf 5.7 Srovnání výsledků mapování pomocí metod HEM a EcoRivHab

Rozdíly v celkovém ekomorfologickém (EcoRivHab) a hydromorfologickém (HEM) stavu se projevují u 5 hodnocených úseků (viz mapa 5.7). Úseky SLU006, SLU011 a SLU015 (podle vymezení pro účely HEM) jsou metodou HEM hodnoceny o stupeň lépe než jim odpovídající úseky v rámci metody EcoRivHab, hodnocení zhoršuje právě důraz na využití DVP a údolní nivy v případě metody EcoRivHab. Úseky SLU022 a SLU024 (pro účely HEM) jsou naopak hodnoceny hůře než metodou EcoRivHab, v případě úseku SLU022 je to dokonce o 2 stupně. Opět je rozdíl v hodnocení dán výše popsanou skutečností vymezení zón, kdy kvalitní niva a DVP v hodnocení metodou HEM ustupují do pozadí a důraz je kladen na koryto toku. Úsek SLU022 je, jak už bylo výše zmíněno, vzdutý úsek mezi dvěma rybníky. Jeho DVP a údolní niva jsou podle EcoRivHab v přírodě blízkém stavu, celkově je úsek metodou EcoRivHab hodnocen jako mírně antropogenně ovlivněný (II. ES), koryto je však upravené, dno bez struktur, břehy opevněné kulatinou a hydrologický režim je ovlivněn vzdutím (hrází rybníka), metodou HEM je tedy úsek celkově hodnocen jako zničený. Rozdílné

hodnocení krátkého úseku pod hrází rybníka Mlynářka je dáno pouze rozdílným vymezením tohoto úseku v rámci metod.

I přes drobné rozdíly mají výsledky obou použitých metod stejnou vypovídající hodnotu a lze je proto využít k označení lokalit vhodných pro realizaci revitalizačních opatření. Vycházíme – li z předpokladu, že je nejvhodnější revitalizovat tam, kde můžeme docílit největšího zlepšení stavu, měli bychom nejprve revitalizovat úseky v nejhorším ekomorfologickém (hydromorfologickém) stavu. Pomineme – li zatrubněný úsek za účelem zpřístupnění polí, stávající rybníky také není v obecném zájmu ničit, ačkoli s opravami jejich hrází by se mělo začít v první řadě, jako vhodné pro revitalizaci se na základě hodnocení oběma metodami jeví 3 úseky na dolním a středním toku Slubice, které jsou oběma metodami hodnoceny nejčastěji jako průměrné/středně antropogenně ovlivněné (vybrané úseky jsou v mapě 5.7 vyznačeny červeně). Výběr lokalit vhodných k revitalizaci je podrobně zpracován v kapitole 7.1.



Mapa 5.7 Srovnání výsledků mapování pomocí metod HEM a EcoRivHab

5.4.1 Výhody a nevýhody praktického použití obou metod

Metoda HEM nestanovuje referenční stav toku ani neporovnává současný stav toku s referenčním stavem, což je dle mého názoru spíše nevýhoda, protože právě tento způsob hledání referenčních úseků v daném povodí nebo v oblasti se stejnými fyzicko-geografickými charakteristikami umožňuje zachytit změnu stavu a současný stav toku i ve specifických podmínkách, a zároveň umožňuje aplikovat metodu na toky různých řádů a získané výsledky i přes odlišné vlastnosti toků objektivně porovnávat. Výhodou metody HEM je jednoznačnější stanovování jednotlivých ukazatelů a snazší rozhodování mapovatele při vyplňování formulářů v terénu. Domnívám se, že mapovateli v případě metody HEM stačí velmi krátké zaškolení a základní znalosti, aby mohl monitoring provést. Např. v případě zahloubení koryta se mi jeví snazší určit interval zahloubení (např. 1 – 2 m) a rozsah tohoto zahloubení v úseku v % než objektivně odpovídat na otázku EcoRivHab, zda je zahloubení koryta vzhledem k referenčnímu stavu extrémní, značné, střední, malé nebo žádné. Další výhodou metody HEM v terénu je fakt, že je třeba vyhodnotit pouze 17 parametrů (oproti 31 parametrům metody EcoRivHab), což je samozřejmě rychlejší. Nevýhodou metody HEM je složitější způsob vyhodnocování výsledků než v případě metody EcoRivHab, kde mají všechny parametry stejnou váhu, a pro výpočty se tedy používá aritmetický průměr. Nevýhodou metody HEM je dále značná generalizace parametrů, zřejmě za účelem zrychlení mapování. Metoda HEM je určena spíše pro větší vodní toky. Ze způsobu hodnocení je však patrné, že pokud vymezíme úseky výrazně odlišných délek, může se při hodnocení vybraných parametrů absolutními počty (což je případ počtu typů struktur dna, mrtvého dřeva apod.) stát, že se v kratším úseku nebude vyskytovat mrtvé dřevo a více typů struktur dna a bude proto automaticky hůře hodnocen, než podstatně delší úsek, který je však ve skutečnosti v obdobném hydromorfologickém stavu. Vzhledem k tomu, že bylo mapováno malé povodí (necelých 30 km²) a koryto šířky maximálně 5,5 m, v rámci parametru *podélná průchodnost koryta* mi nízký stupeň nebo jez výšky 0,5 – 1 m nepřišel na tak malý tok zas až tak nízký. Všechny stupně na Slubici se tak vešly do kategorie stupňů s výškou nižší než 0,5 m a jejich skóre tak bylo „2“, což mi přijde velmi mírné hodnocení. Naopak *variabilita zahloubení* pouze v rozmezí 0,5 – 1 m v přirozeném úseku na horním toku Slubice byla hodnocena skórem „3“, což se mi jeví nepřiměřeně přísné. Metoda HEM tedy neřeší rozdíl mezi horním a dolním tokem a nikterak nezohledňuje velikosti toku, který je mapován. Metoda EcoRivHab postihuje odlišnost horního, středního a dolního toku tím, že při hodnocení srovnává s referenčním stavem pro daný hodnocený úsek (referenční stavy definovány odděleně pro horní, střední a dolní tok), čímž postihuje vývoj a velikost toku (zahloubení které se na horním toku jeví jako značné je na dolním toku přirozené). Parametr *využití příbřežní zóny* do 50 m od toku se vzhledem k řádovosti toku velmi často překrýval s parametrem *využití údolní nivy*. Vzhledem ke skutečnosti, že tyto 2 parametry jako jediné hodnotí „zázemí vodního toku“, postrádám zde parametr přítomnosti (šířky) doprovodných vegetačních pásů (DVP), jejichž existence výrazně ovlivňuje kvalitu vody či přísun sedimentů do koryta toku. Dále v porovnání s metodou EcoRivHab postrádám zhodnocení retenčního potenciálu údolní nivy. Při

vyhodnocení mapovacích formulářů bylo postrádáno skóre pro propustek, který byl uveden v mapovacím formuláři, byl proto hodnocen jako *stupeň nebo jez s výškou nad 1 m*. Dále chyběla informace o tom, jak hodnotit zatrubněné úseky. Pro účely srovnání metod byl zatrubněný úsek hodnocen ve všech zónách i celkově stupněm 5 jako zničený HS. V rámci parametru *upravenost dna* nebyl v nabídce pohož vyskytující se v zájmovém korytě, tento byl tedy skórován shodně jako *přidávání splavenin a umělého substrátu*.

Metoda EcoRivHab poskytuje komplexní a detailní hodnocení ekomorfologického stavu toku a výsledky monitoringu mohou sloužit např. jako podklad pro zpracování revitalizační studie. Vzhledem k detailnosti (31 hodnocených parametrů) poskytuje monitoring výstupy vyšší kvality, zjišťování parametrů přímo terénním průzkumem pak zaručuje aktuálnost výstupů hodnocení. Na rozdíl od metody HEM klade metoda EcoRivHab velký důraz na širší zázemí vodního toku – kvalitu DVP a údolní nivy. V rámci zóny koryta se hodnotí i břehy (upravenost, vegetace a její struktura), v samostatné zóně DVP se hodnotí jejich přítomnost, stromové patro a využití. V rámci samostatné zóny údolní niva se pak hodnotí využití ploch, výše zmiňovaný retenční potenciál a protipovodňová opatření. Důraz na zázemí toku při celkovém hodnocení se mi jeví vhodnější než vymezení samostatných zón pro koryto, proudění a dno, protože v případě, že bylo koryto toku kdysi upraveno (zkrácena trasa, zahlobení, vyšší rychlost vody atp.) je zřejmé, že koryto ztratilo svou členitost, bylo upraveno dno i břehy a z toho vyplývá i ovlivnění proudění. Domnívám se, že není nutné vícekrát do celkového hodnocení promítnout upravenost koryta, ale je důležité zhodnotit kvalitu zázemí toku. Velmi vhodné je v rámci metody EcoRivHab oddělené hodnocení kategorií lesa s přirozenou a nepřirozenou druhovou skladbou, stejně tak i přirozených luk a zatravnění, což metoda HEM v parametrech využití příbřežní zóny i údolní nivy postrádá. Nevýhodou metody je možná subjektivita mapovatele a jeho oka, domnívám se, že co jednomu přijde již „značné“, se může druhému jevit ještě jako „střední“ a výsledky dvou různých mapovatelů pro tentýž úsek se tak zřejmě mohou jemně lišit. Problémem může být i hledání vhodných referenčních úseků v člověkem silně ovlivněné krajině a do jisté míry může být negativem metodiky i vysoký počet hodnocených parametrů, tedy i časová náročnost terénního monitoringu a s ní spojené finanční náklady mapovatelů.

Metoda HEM se v konečném důsledku jeví jako značně zjednodušené hodnocení, jehož velkou předností je rychlost a jednoduchost. Domnívám se proto, že je vhodnou metodou pro plošný monitoring hydromorfologických charakteristik toků určitého řádu na území celé ČR. Metoda EcoRivHab je proti metodě HEM podrobnější a zdlouhavější, ale poskytuje požadované srovnání referenčním stavem a komplexní informace o hodnocených úsecích. Domnívám se proto, že metodu EcoRivHab je vhodné aplikovat na vybrané toky, případně ve vybraných územích (např. CHKO nebo naopak antropogenně silně ovlivněných územích), kde potřebujeme komplexní hodnocení. Výstupy hodnocení mohou velmi dobře sloužit integrované ochraně, jako vhodný podklad pro návrh revitalizačních opatření či vymezení přírodních úseků, které je třeba chránit. Nespornou výhodou metody je také možnost aplikace na toky různých řádů.

6. VYHODNOCENÍ ZMĚNY DÉLKY A TVARU ŘÍČNÍ SÍTĚ V POVODÍ

K nejzásadnějším úpravám vodních toků z hlediska vlivu na odtokové poměry patří zkrácení říční sítě v důsledku napřímění trasy koryt vodních toků zejména kvůli odvodnění zemědělských ploch a ochraně před povodněmi spočívající v co nejrychlejší odvedení vody z krajiny. Napřímění toku vede ke zvýšení rychlosti proudění vody v korytě, protože odstraněním ramen meandrů dochází k uniformitě rozložení rychlosti proudění, voda tak získává větší energii a její destruktivní účinky jsou výraznější. Následkem napřímění toku dochází rovněž ke zkrácení celkového času postupu povodňové vlny územím a snížení objemové kapacity koryta toku v daném úseku. (Langhammer, Vajskebr, 2007).

Pro stanovení parametrů ekomorfologických hodnocení týkajících se upravenosti trasy toku, snadnější stanovení referenčního stavu toku pro jednotlivé úseky i poučení se z tvarů a délky říční sítě pro účely revitalizačních úprav bylo vyhodnocení změny délky a tvaru říční sítě zájmového povodí Slubice využito historických mapových děl zachycujících stav krajiny v posledních cca 150 letech.

V první fázi byly pro hodnocení změn napřímění a zkrácení říční sítě v zájmovém povodí použity historické mapy 3. vojenského mapování a mapy generálního štábu Československé lidové armády z 50. let 20. století. Podklady v digitální rastrové podobě byly nejprve georeferencovány v prostředí GIS. Následně byla provedena vektorizace linií toků a rozdělení toků na úseky za účelem porovnání vývoje nejen celého toku, ale i jeho dílčích částí. Hraniční body úseků byly zvoleny tak, aby byly jednoznačně identifikovatelné na všech mapových podkladech i v průběhu historických změn území.

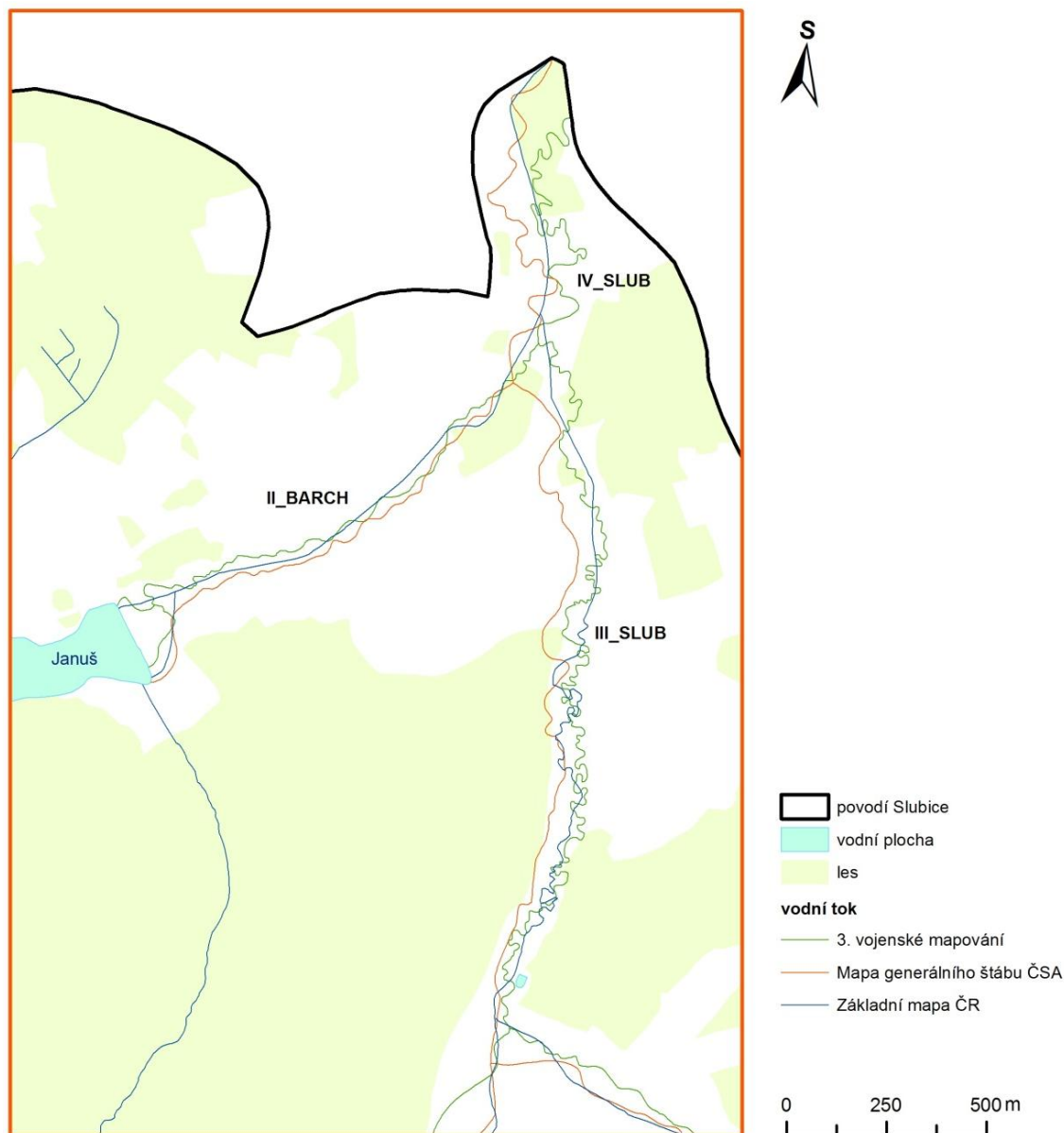
Mapy 3. vojenského mapování a generálního štábu ČSA se však ukázaly jako nedostatečně podrobné a přesné. Na těchto mapách byl zřejmě zakreslován pouze přibližný průběh trasy toků, ale ne přesná poloha koryt. I přesto se už v rámci tohoto vyhodnocení změny tvaru a délky říční sítě v zájmovém povodí projevil značné změny v říční síti na dolním toku Slubice (od soutoku s Černým potokem po soutok s Chrudimkou) a na dolním toku Barchaneckého potoka (od hráze rybníka Januš po soutok se Slubicí), viz mapa 6.1.

6.1 HODNOCENÍ ZMĚN ŘÍČNÍ SÍTĚ NA PODKLADE KATASTRÁLNÍCH MAP

Pro přesnější vyhodnocení změn délky a tvaru říční sítě bylo vzhledem k řádovosti vodních toků a jejich velikosti (šířce) využito podstatně podrobnějších map císařského povinného otisku stabilního katastru Čech v měřítku 1 : 2 880 ve srovnání s mapami současného katastru nemovitostí.

Císařské otisky stabilního katastru pro zájmové povodí ve formátu JPEG byly georeferencovány v prostředí GIS a následně byla vytvořena vektorová vrstva linií vodních toků a polygonů vodních ploch. Zakreslení koryt v mapě však nebylo vždy spojitě a zdaleka nedosahovalo

až k pramenům vodních toků. Příslušné vektorové vrstvy byly vytvořeny pro tok Slubice, Barchanecký potok, nespojitá linie pro Černý potok, dále pro levostranný přítok Barchaneckého potoka Dománka a nevýznamný levostranný přítok Slubice (v rámci této práce označovaný jako P04), ostatní přítoky nebyly v císařských otiscích zakresleny vůbec.



Mapa 6.1 Detail zkrácení říční sítě na dolních tocích Slubice a Barchaneckého potoka v období od 3. vojenského mapování

Zdroj: Mapová sbírka geografické sekce PřF UK

Výhodou map současného katastru nemovitostí (KN) ve formátu CIT mělo být to, že je není nutné georeferencovat, což výrazně zpřesňuje tento datový podklad pro vyhodnocení změn říční sítě. Z neznámého důvodu však podklady CIT z ČÚZK byly sice v S-JTSK, ale obsahovaly hodnoty v milimetrech (ne v metrech) a bylo tedy nutné u všech podkladů „ručně“ nadefinovat hodnoty 1000 krát menší. Nicméně georeferencování opravdu nebylo nutné a nad rastrovým podkladem současného katastru nemovitostí byly opět vytvořeny vektorové vrstvy pro linii vodních toků a polygonů vodních

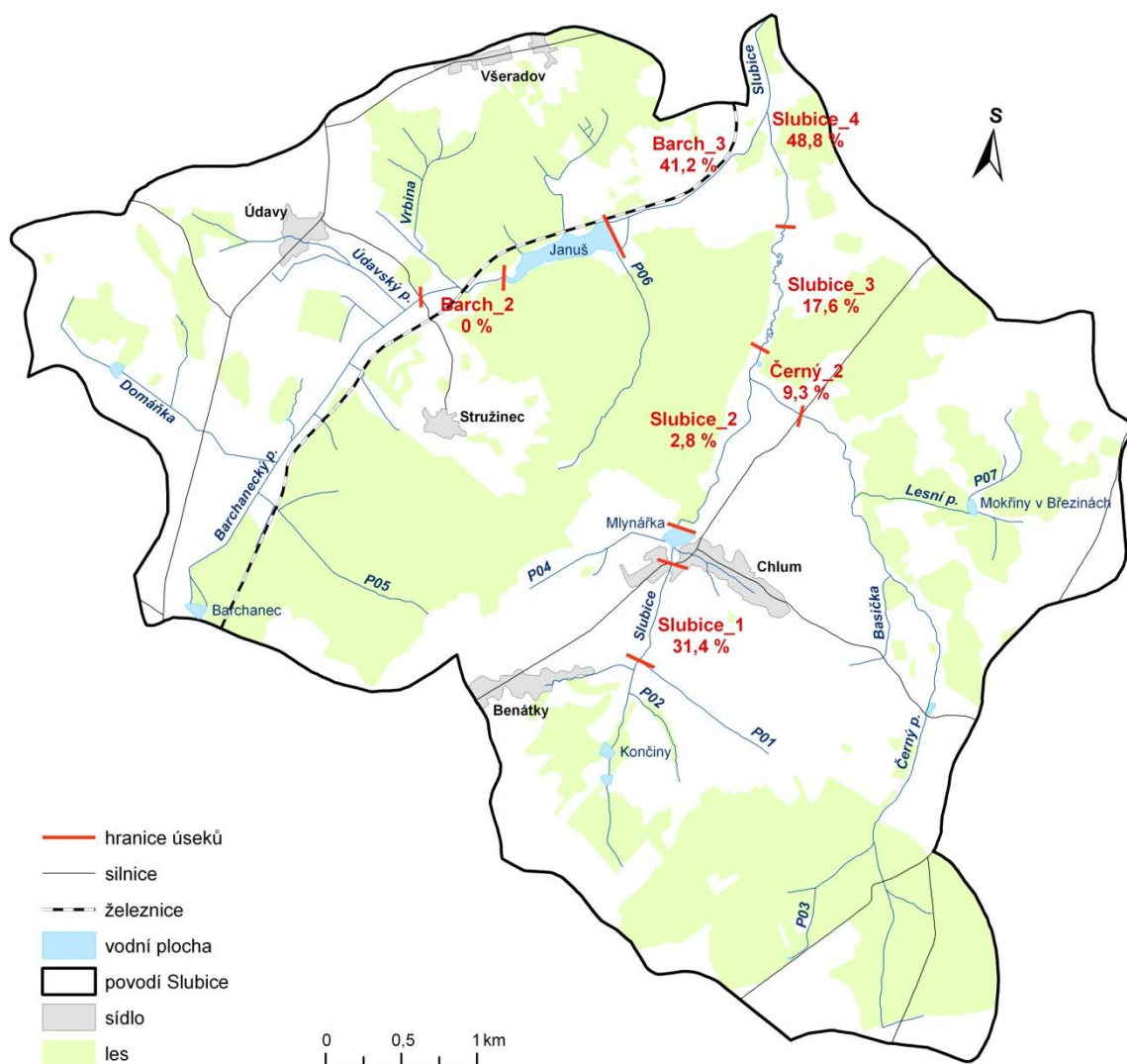
ploch. V mapách katastru nemovitostí však byla říční síť zájmového území zakreslena podstatně „hůře“ než v císařských otiscích. V minulém století, zejména v jeho druhé polovině, docházelo k úpravám koryt toků, pozemky pod těmito novými koryty však nebyly majetkově vypořádány a nově vytvořená koryta nebyla zakreslena do katastrální mapy. To je případ i dolního toku Slubice, kde zůstalo v katastrální mapě zakresleno koryto před úpravou, ačkoli tudy již dnes voda neteče a stávající koryto vytvořené v 80. letech 20. století v katastrální mapě zakresleno není.

Při rozdělování toků na úseky by hraniční body úseků měly být voleny tak, aby byly jednoznačně identifikovatelné v obou mapových podkladech, nejčastěji se k tomuto účelu využívají hráze rybníků, mosty nebo soutoky. Říční síť v zájmovém povodí sice naznačila od mapování pro císařské otisky stabilního katastru značných změn, kvantifikace těchto změn je však poněkud problematická.

- Prvním problémem je horní tok Barchneckého potoka po rybník Januš (mapa 6.2), na kterém se v době mapování pro císařské otisky nacházely ještě další 2 velké rybníky o celkové rozloze 67,7 ha (změřeno pomocí *Calculate Geometry* v prostředí GIS), což je více než pětinašobná plocha v porovnání s plochou rybníka Januš. Relevantní posouzení změny délky říční sítě v tomto úseku (Barch_1) tedy není možné, krátké úseky toků mezi jednotlivými rybníky byly navíc zřejmě již v té době upraveny.
- Dalším problémem je posun soutoku Barchneckého potoka se Slubicí v rámci úprav koryt obou toků dále po toku (o cca 200 m), soutok tedy není možné využít pro vymezení hodnocených úseků v porovnání s trasou toků na mapách císařských otisků. Proto byl úsek Barch_3 vymezen od hráze rybníka Januš až po soutok Slubice s Chrudimkou a úsek Slubice_4 byl ze stejného důvodu vymezen od mostu přes Slubici (začátek úpravy na dolním toku) opět po ústí Slubice do Chrudimky tzn., že úsek od soutoku Slubice a Barchneckého potoka po soutok Slubice s Chrudimkou je součástí obou hodnocených úseků.
- Obdobný problém nastává i u soutoku Slubice s Černým potokem, který se v rámci úprav dolního toku Černého potoka také posunul dále po toku a soutok tedy opět nemůže sloužit jako hranice úseků.
- Pramenná část Slubice není zakreslena ani v jednom z podkladů, proto je úsek Slubice_1 vymezen až od soutoku s pravostranným přítokem P01 (hranice KÚ) po silniční most na Chlumu. Úsek Slubice od tohoto mostu po rybník Mlynářka v mapách KN chybí, úsek Slubice_2 byl proto vymezen od hráze rybníka Mlynářka po konec upraveného úseku Slubice pod soutokem s Černým potokem.
- Horní tok Černého potoka není v podkladových mapách zakreslen, zakres trasy toku je v mapách na několika místech přerušen a existující zakres trasy se v císařských otiscích stabilního katastru i mapách katastru nemovitostí shoduje, tento úsek proto nebyl hodnocen.

Úsek Barch_2 byl vymezen od mostu silnice Údavy – Stružinec po rybník Januš. Úsek Slubice_3 tvoří neupravená část toku, tedy od konce předcházející úpravy po most na počátku další úpravy. Na dolním toku Černého potoka byl vymezen úsek Černý_2 od silničního mostu po soutok se Slubicí (mapa 6.2).

Vzhledem k výše uvedeným problémům a k velmi malému počtu jednoznačně identifikovatelných hraničních bodů bylo kvantitativní vyhodnocení změn říční sítě v zájmovém území provedeno pouze u 7 úseků uvedených v mapě 6.2 a popsanych výše. Následující kapitola si tedy neklade za cíl analýzu změn říční sítě, ale zjištění maximálního možného množství informací o trasách a délkách původních koryt (myšleno koryt v polovině 19. století).



Mapa 6.2 Vymezení úseků pro vyhodnocení změn říční sítě

Zdroj: DIBAVOD

ZM ČR 1:10 000

6.1.1 Vyhodnocení změn říční sítě

V sedmi výše uvedených úsecích byla porovnána délka koryta toků na mapách císařských otisků stabilního katastru (CO) z let 1838 a 1839 a současného katastru nemovitostí. V prostředí GIS byly na základě vytvořených vektorových vrstev toků pomocí nástroje *Calculate geometry* vypočítány

délky jednotlivých úseků pro oba mapové podklady a následně byly tabelárně vyhodnoceny (viz tabulka 6.1). Vzhledem k nízkému počtu hodnocených úseků a jejich nespojitosti a zahrnutí jedné části toku do 2 různých hodnocených úseků nebyla vytvořena tematická mapa, ale pouze příslušný graf 6.1 a přehledná mapa vymezení úseků 6.2.

Jak už bylo výše uvedeno, nejvýznamnější „vizuální“ změnou říční sítě v zájmovém povodí byl výrazný úbytek rybníků na Barchaneckém potoce (2 velké rybníky) a na jeho přítoku Dománka (z původní soustavy 5 malých rybníků zůstal do současnosti jediný). Hráže 2 velkých rybníků na Barchaneckém potoce jsou dodnes zachovány. Zadržování vody v plochem povodí Barchaneckého potoka mělo jistě svůj význam i opodstatnění, dnes v tomto úseku voda v korytech také spíše „stojí“.

Z hodnocených úseků došlo k největšímu zkrácení trasy na horním toku Slubice, a na dolních tocích Slubice a Barchaneckého potoka. Úsek Slubice_1 byl na „původní“ délce 1002 m zkrácen o 31,4 % oproti CO (tabulka 6.1). Důvodem byla zřejmě intenzifikace zemědělské výroby a také protipovodňová ochrana sídla Chlum, kterým tok následně protéká. K výrazným úpravám koryta a změnám trasy zde došlo v letech 1980 – 82. Změna trasy koryta je patrná z obrázku 6.1.

Úsek	Délka úseku [m]		Zkrácení oproti císařským otiskům [%]	Rozdíl císařské otisky - KN [m]
	císařské otisky	katastr nemovitostí		
Slubice_1	1002	687	31,4	315
Slubice_2	1454	1413	2,8	41
Slubice_3	2034	1677	17,6	357
Slubice_4	2361	*)1210	48,8	1151
Barch_2	460	460	0	0
Barch_3	3199	1882	41,2	1317
Černý_2	483	438	9,3	45

*) délka částečně určena na základě leteckého snímku

Tabulka 6.1 Porovnání délek vybraných úseků toků v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě

Zdroj: ČÚZK

K největším změnám v délce trasy došlo na dolních tocích Barchaneckého potoka a Slubice (změna trasy je patrná z obrázků 6.1 a 6.2). Přimo pod rybníkem Januš bylo původní meandrující koryto Barchaneckého potoka vedoucí od nynějšího bezpečnostního přelivu na pravé straně údolí kvůli nedostatečné kapacitě v 70. letech 20. století zasypáno a nahrazeno upraveným korytem zavedeným do levého okraje hráže (Nečas, 2008). V souvislosti s intenzifikací zemědělské výroby bylo původní meandrující koryto v 80. letech napřímáno, zahlobeno a opevněno a přilehlé pozemky odvodněny. Celkově byl úsek Barch_3 oproti původní délce 3199 m na mapě stabilního katastru zkrácen o 41,2 %. Podobný, v podstatě ještě horší osud potkal i dolní tok Slubice – úsek Slubice_4, který byl oproti původní délce 2361 m na mapě stabilního katastru zkrácen o 48,8 % (tabulka 6.1). Z materiálů ZVHS, která je správcem toků v povodí, vyplývá, že úseky Barch_3 a Slubice_4 byly mimo jiné výrazně upraveny v roce 1986. Zatímco z úprav kulatinou v patách břehů na obou tocích před jejich soutokem zbývají dnes většinou už jen ocelové trny či kůly, které kulatinu držely, tok

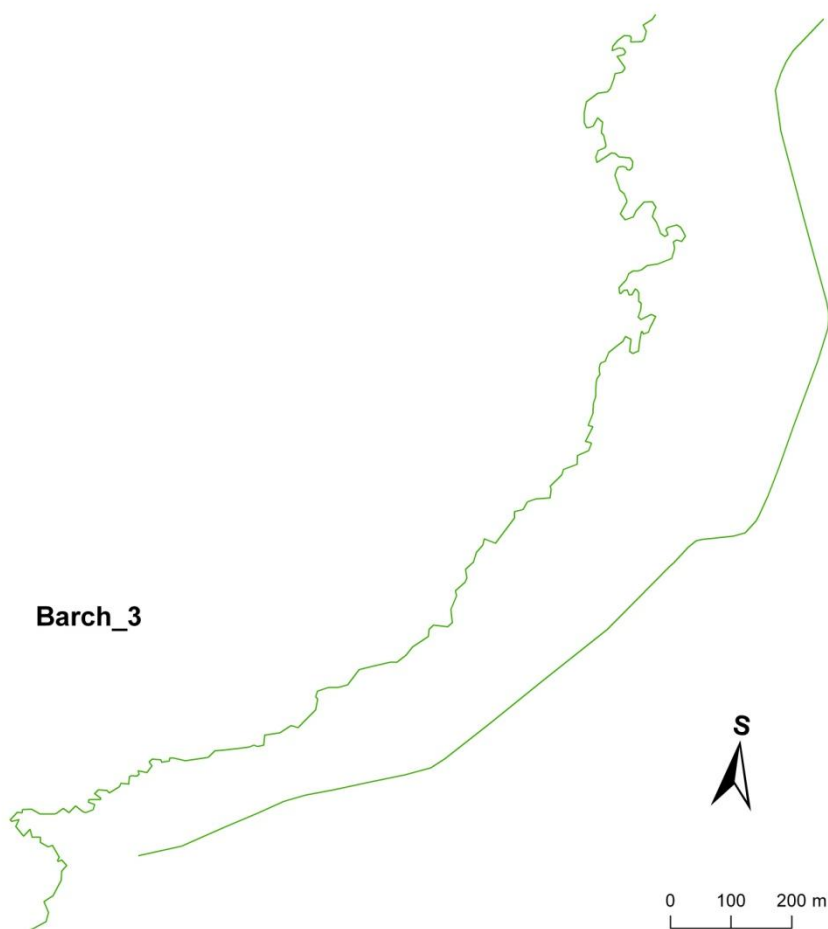
Slubice od soutoku s Barchaneckým potokem po soutok s Chrudimkou zůstává opevněn polovegetačními tvárnicemi, které při vyšších vodních stavech postupně vyplňuje štěrk z úprav splavený z vyšších částí povodí. Nové koryto Slubice před soutokem s Barchaneckým potokem není navíc v mapě katastru nemovitostí vůbec zakresleno, proto byla pro hodnocení v této části úseku využita jako podklad trasa z leteckého snímku příslušného území. O tom jak říční síť Slubice a zřejmě i Barchaneckého potoka na dolním toku vypadala před zásahem člověka, se můžeme přesvědčit přímo v terénu, kde jsou ve 2 krátkých úsecích patrná „původní“, nezasypaná koryta před úpravou.



Obrázek 6.1 Trasa vybraných úseků toků v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě (současné koryto se neposunulo napravo od původního, obrázek znázorňuje pouze změnu tvaru trasy, uvedené měřítko tedy platí pouze pro délku toku)
Zdroj: ČÚZK

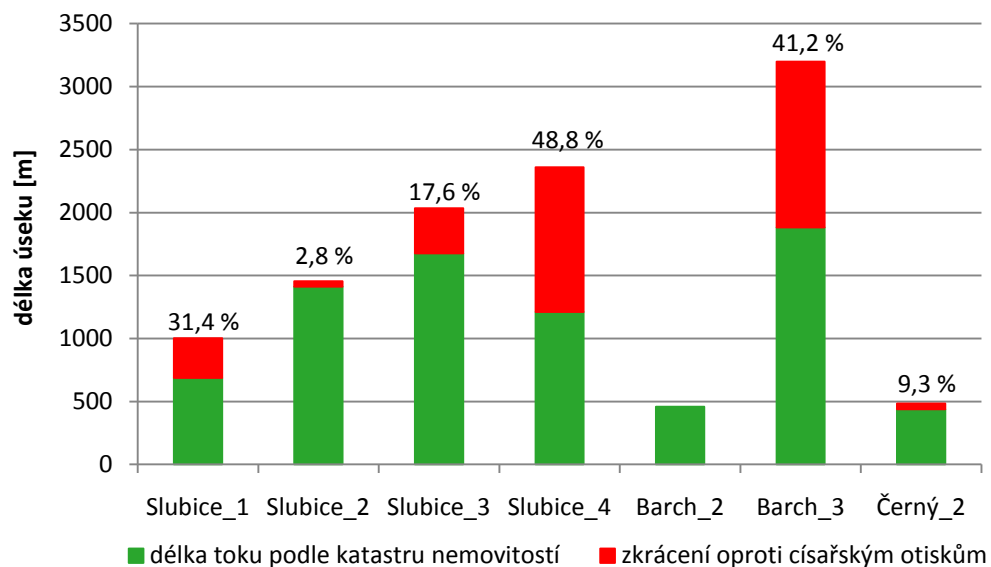
Největší změny tvaru a délky říční sítě v zájmovém povodí se odehrály na malých přítocích na horním toku Slubice (úsek Slubice_1) a na dolním toku Slubice a Barchaneckého potoka, úseky

Slubice_4 a Barch_3, kde byla říční síť zkrácena o více než 40 % (graf 6.1) a z původně meandrujících toků se stala kanalizovaná koryta. Nepodstatné není ani zkrácení trasy v úseku Slubice_3 o 17,6 %, tuto vysokou hodnotu však způsobuje zřejmě „málo detailní“ zakreslení trasy toku v mapě katastru nemovitostí oproti stabilnímu katastru, k dílčím změnám trasy kvůli „průchodnosti území“ zřejmě došlo, nicméně se zde jedná o jeden z nejzachovalejších úseků toku v celém povodí. Minimální zkrácení říční sítě v úseku Slubice_2 pod rybníkem Mlynářka (o 2,8 %) je zřejmě dáno skutečností, že tento úsek toku a přilehlá niva byla využívána a tedy i upravena již před mapováním pro účely stabilního katastru, nacházel se zde např. mlýn či obecní cihelna. Úsek Barch_2 byl zřejmě z důvodu výstavby železnice přeložen do zcela jiného tvaru trasy, vzhledem k vybudování výrazného zákrutu na trase toku však v celkovém hodnocení nedošlo ke změnám v délce trasy (graf 6.1). Úsek Černého potoka od státní silnice po soutok se Slubicí Černý_2 byl oproti původní délce 483 m zkrácen o 9,3 %. Původně tok meandroval v zamokřené nivě, po realizaci plošného odvodnění v r. 1979 byl v r. 1982 napřímen a opevněn kulatinou v patách břehů a kamenným pohozením ve dně (materiály ZVHS). Při této úpravě došlo k posunu soutoku se Slubicí dále po toku, i přesto se trasa Černého potoka v tomto úseku zkrátila.



Obrázek 6.2 Změna trasy úseku Barchaneckého potoka od hráze rybníka Januš po ústí Slubice do Chrudimky v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě (současné koryto se neposunulo napravo od původního, obrázek znázorňuje pouze změnu tvaru trasy, uvedené měřítko tedy platí pouze pro délku toku)

Zdroj: ČÚZK



Graf 6.1 Porovnání délek vybraných úseků toků v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě
Zdroj: ČÚZK

Jako vhodný prostředek zmírnění negativních dopadů zkrácení říční sítě (zvýšení rychlosti proudění vody v korytě, větší energii vody a tedy i větším destruktivním účinkům, zkrácení celkového času postupu povodňové vlny územím a snížení objemové kapacity koryta) se jeví vhodně navržená a realizovaná revitalizační úprava vybraných, nejvíce poškozených úseků toků.

7. REVITALIZAČNÍ OPATŘENÍ V POVODÍ SLUBICE

Na základě všech výše uvedených charakteristik (využití území, ochrana přírody, současná upravenost říční sítě a její stav, odtokové poměry, změny délky a tvaru říční sítě od poloviny 19. století aj.) a aplikace dvou metod ekohydromorfologického monitoringu bylo předběžně určeno 5 lokalit potenciálně vhodných k revitalizaci. Z posouzení těchto z hlediska praktického provedení a efektu a na základě konzultace se správou CHKO Žďárské vrchy byly pro návrh revitalizačních opatření vybrány 2 lokality. Kapitola 7 tedy obsahuje návrh revitalizačních opatření dvou lokalit v povodí Slubice včetně myšlenkového postupu, jakým autorka k tomuto návrhu dospěla.

Následující revitalizační studie byla zpracována na základě prostudování prací předních českých odborníků v oboru revitalizací, konkrétně: Dr. Ing. Tomáše Dostála, Doc. Ing. Jiřího Gergela CSc., Ing. Tomáše Justa, RNDr. Jana Kendera, Prof. Ing. Pavla Kováře, DrSc., Ing. Františka Křováka, CSc., Doc. Ing. Karla Vrány, CSc., Doc. Ing. Jaroslava Zuny, CSc. a dále z publikací Wade et al. (2000) a Society for Ecological Restoration (SER).

7.1 VÝBĚR LOKALIT

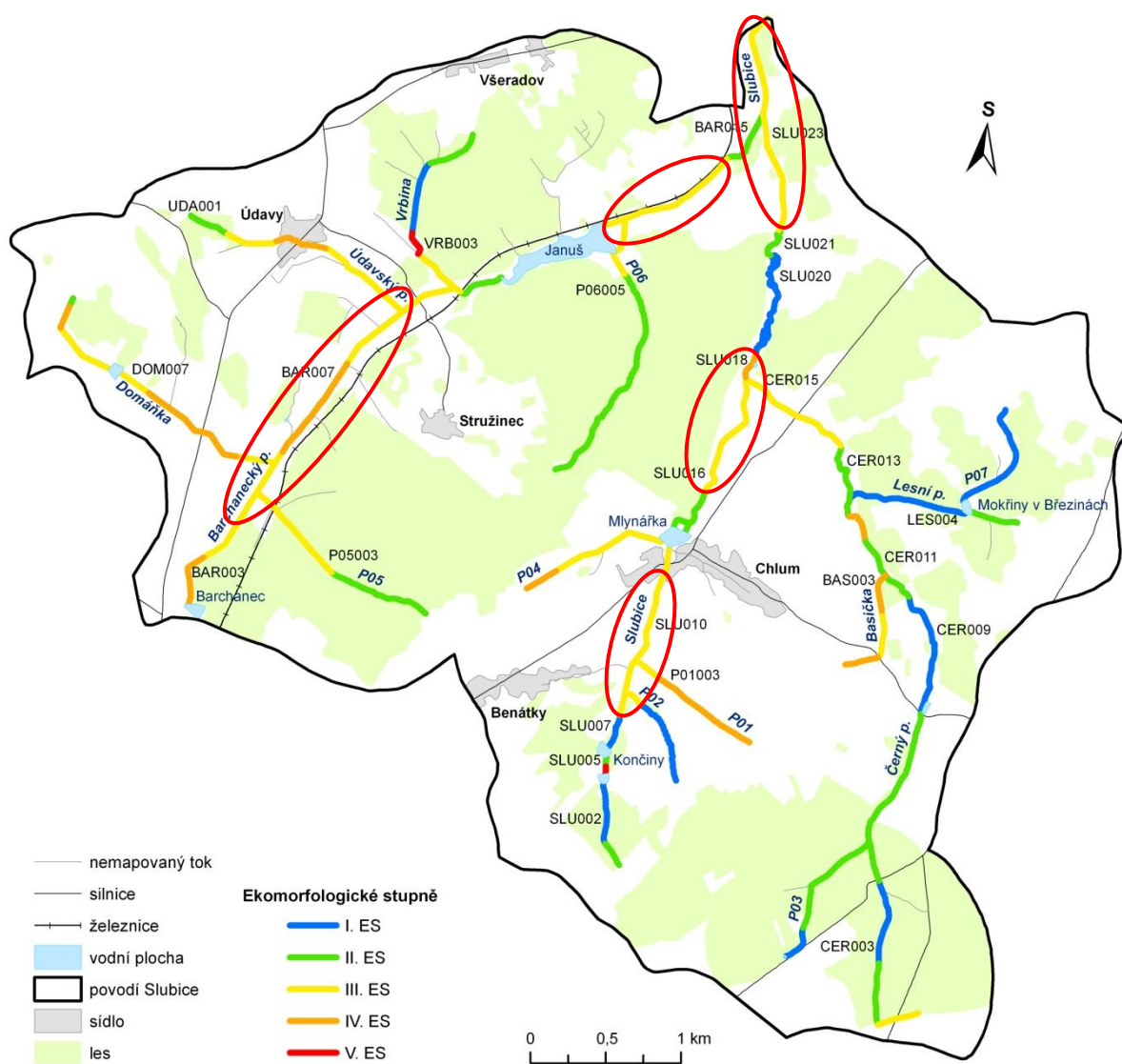
Pokud se budeme držet myšlenky, že nejvhodnější je revitalizovat úseky v nejhorším ekohydromorfologickém stavu, kde můžeme dosáhnout největšího efektu zlepšení, přičemž budeme vycházet z ekomorfologického stavu toků v povodí Slubice zjištěného pomocí metody EcoRivHab (viz mapa 7.1) je patrné, že nejvhodnější úseky pro revitalizaci by byly: (1) horní tok Barchaneckého potoka, (2) dolní tok Barchaneckého potoka (pod rybníkem Januš), (3) horní tok Slubice (nad obcí Chlum), (4) střední tok Slubice a dolní tok Černého potoka a (5) dolní tok Slubice. Tyto úseky jsou v mapě 7.1 vyznačeny červeně. Při tomto návrhu nebyly brány v potaz drobné přítoky, které tvoří zpravidla odvodňovací příkopy s velkým spádem fungující jako svody drenáží, jejich odtokový režim během roku tedy značně kolísá, což značně snižuje efekt potenciálních revitalizačních opatření. Problémy těchto přítoků je tak třeba řešit stejně jako problém ostatní drenáže společně s revitalizací výše uvedených úseků řádově vyšších toků, pakliže do nich ústí.

Horní tok Barchaneckého potoka (foto 25) je sice napřímený a opevněný v patách břehů a dna kamennou rovinčinou, nicméně koryto toku je stabilní, úprava není poškozená a vzhledem k velmi malému sklonu toku v tomto úseku, velmi malému množství vody v korytě a intenzivnímu obhospodařování okolních pozemků, jako jedné z mála „rovinných“ částí povodí, je zde revitalizace dle mého názoru z praktického hlediska neproveditelná. Na dolní toku Barchaneckého potoka (foto 26) zbývá po původní úpravě potrháná síťovina ve březích a ocelové trny v patách břehů, tento neutěšený stav by snad již brzy měla vyřešit revitalizace Barchaneckého potoka (Nečas, 2008), která by měla následovat po opravě hráze rybníka Januš, jenž právě probíhá.

Na horním toku Slubice je v horní části úseku ještě dobře patrné umělé opevnění (foto 27), v dolní části však vzhledem ke značné energii vody dochází k samovolné renaturaci (zanášení koryta



Foto 25 (vlevo) Horní tok Barchaneckého potoka, ř. km 4,20 - (1), **Foto 26 (vpravo)** Dolní tok Barchaneckého potoka, ř. km 1,30 - (2)



Mapa 7.1 Celkový ekomorfologický stav toků v povodí Slubice na základě metody EcoRivHab se zvýrazněním 5 úseků potenciálně vhodných k revitalizaci

Zdroj: Terénní mapování
DIBAVOD
ZM ČR 1:10 000

splaveninami, zarůstání vegetací a rozpadu opevnění z kulatiny). Problémem úseku je ale obrovské zahloubení (viz foto 41), se kterým si příroda sama neporadí, v úseku je patrné ustupování vysokých břehů. Velké zahloubení koryta spolu s ocelovými trny v patách břehů, jako pozůstatek umělého opevnění, tak působí jako past na zvěř, která sem zachází hlavně z oblastí výše po toku. Domnívám se, že tento úsek je pro realizaci revitalizačních opatření velmi vhodný. Pokud by k nim však z nějakého důvodu nemělo dojít, přimlouvala bych se alespoň za odstranění ocelových trnů a zbytků kulatiny, které nevhodně usměrňují proudění a dalších předmětů, které do toku zcela jistě nepatří (balík slámy, zbytky značek aj.), a odtěžení velmi vysokých břehů toku, čímž by se podpořila samovolná renaturace toku.

Na středním toku Slubice a dolním toku Černého potoka byla již v letech 1997 – 1999 realizována revitalizační nebo spíše biotechnická úprava (viz kapitola 2.3.4), k výraznému zlepšení stavu však nedošlo (Kujanová, 2008). Stav toku a kvality vody v tomto úseku je značně ovlivněn rybníkem Mlynářka, komunálními vodami z obce Chlum a splachy z přilehlých polí (Rozkošný, 2007, 2008). Domnívám se proto, že bez výrazných zásahů v měřítku celého povodí a odstranění těchto nežádoucích jevů by zde další revitalizační úpravy nebyly příliš efektivní.

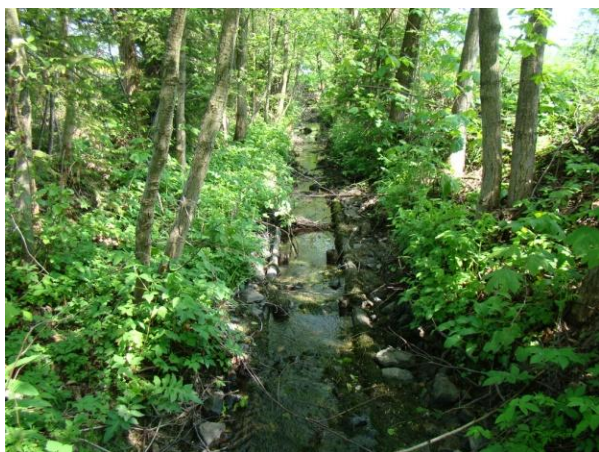


Foto 27 (vlevo) Horní tok Slubice, ř. km 5,60 - (3), **Foto 28 (vpravo)** Střední tok Slubice, ř. km 3,2 - (4), **Foto 29 (dole)** Dolní tok Slubice, ř. km 0,31 - (5)



Na dolním toku Slubice jsou na úseku s velkou energií vody po soutok s Barchaneckým potokem zbytky ocelových trnů a kulatiny, v dalším úseku po soutok s Chrudimkou zůstává odolná úprava vegetačními tvárniciemi jen místy narušená nátržemi (foto 29). Koryto vykazuje poměrně značnou dynamiku, v horní části úseku se tvoří rozsáhlé nátrže, v dolní dochází k obtékání vody vně vegetačních tvárníc, zároveň dochází

k zanášení dna splavovaným štěrkem a kamením z umělé úpravy i jemným materiálem z přirozeného úseku výše, koryto má tendence meandrovat. Veškeré renaturační procesy však značně omezují technické úpravy koryta. Revitalizační úprava na tomto úseku by propojila přírodní úsek „mezi lesy“

na Slubici (proti proudu) s přírodním korytem Chrudimky, do které Slubice ústí. Podél navrhovaného úseku se navíc nachází zbytky původních koryt, které by při revitalizačních opatřeních bylo možné využít, čímž by byla dokonale zajištěna podmínka referenčního stavu navrhovaného ekosystému a úprava by jistě byla funkční, ale také snazší na realizaci a vzhledem k stávající „břehové“ vegetaci původního koryta zřejmě i odolnější při průchodu velkých vod. Snazší by zde byla i otázka vlastnických vztahů, kdy původní koryta jsou majetkem obcí (Vítanov, Všeradov, Ždírec nad Doubravou, Hlinsko), zatímco současné koryto je vlastnický nevypořádané a prochází přes pozemky soukromých vlastníků (www.cuzk.cz). Vhodnosti lokality k revitalizaci nahrává i skutečnost, že nivu vodního toku tvoří zamokřené nevyužívané louky.

Vrátíme-li se nyní ke srovnání výsledku ekohydromorfologického průzkumu pomocí metod HEM a EcoRivHab (mapa 4.7) a k předpokladu, že je nejvhodnější revitalizovat úseky, kde můžeme docílit největšího zlepšení stavu, měli bychom tedy nejprve revitalizovat úseky v nejhorším ekomorfologickém (hydromorfologickém) stavu. Přihlédneme-li zároveň k výše uvedeným faktům, úseky navrhované k revitalizaci jsou:

- dolní tok Slubice (ř. **km 0,000 – 1,237**) od ústí Slubice do Chrudimky po „konec upraveného úseku“ (mapa 7.2), tento úsek návrhu revitalizace bude dále označován jako **REV 1**
- horní tok Slubice (ř. **km 4,632 – 5, 678**) od posledního stavení sídla Chlum na pravém břehu Slubice (v mapě 7.3 označeno jako PF 35) po konec upraveného úseku (v mapě 7.3 označeno jako PF 21), tento úsek návrhu revitalizace bude dále označován **REV 2**

7.2 ZDŮVODNĚNÍ POTŘEBY A VYMEZENÍ CÍLŮ REVITALIZACE

Požadavek revitalizačních úprav v povodí Slubice a konkrétně na toku Slubice na základě terénního monitoringu vzešel z iniciativy správy CHKO Žďárské vrchy na podzim roku 2007. Slubice protéká v celé délce výše uvedenou CHKO a v jednotlivých částech toku se velmi výrazně mění. Zatímco některé úseky úpravám unikly, jiné podlehly. V nivě zájmového toku se dnes hospodářství jen minimálně, pozemky jsou výrazně zamokřené a voda z krajiny po každé větší srážkové epizodě velmi rychle odtéká. Vzhledem k výraznému zkrácení trasy toku má voda velkou energii a v upravených úsecích je patrná silná eroze, která se výrazně podepsala i na stavu umělého opevnění koryta. Naopak v neupravených úsecích s nižším sklonem dochází k ukládání transportovaného materiálu i jiných nežádoucích splavených předmětů. Vodní tok je tak velmi „pestrý“ v kladném i záporném slova smyslu. CHKO, ČRS a v zásadě i správce toku ZVHS by proto měly mít společný zájem propojit přírodní úseky v přirozený říční ekosystém, soběstačný a neohrožující obyvatele povodí ani jejich majetek.

Hlavním cílem revitalizace je tedy **prodloužit trasu toku a tím snížit sklon**, vytvořit **meandrující koryto s členitým profilem** (s čímž samozřejmě souvisí **odstranění zbytků umělého opevnění** – ocelových trnů, kulatiny, plastových sítěk a vegetačních tvárnic), které zajistí **zpomalení odtoku velkých vod**, ale i běžných průtoků, a zajistí tak **retenci vody v krajině** a **snížení výkyvů**

odtoku vody během roku. Jedním ze zásadních cílů je **zvýšení hladiny vody** v toku tak, aby byl umožněn rozvoj bioty a v nejsušších obdobích roku zůstával v korytě alespoň minimální průtok Q_{330} , což v současné době nefunguje. Vzhledem k drobným sídlům „bez výrazného“ čištění komunálních odpadních vod je třeba větší členitostí a delší trasou toku podpořit i **zvýšení samočisticí schopnosti** toku. Problémem a zároveň jedním z cílů návrhu je i **omezení drenážního účinku koryta** v lokalitě REV 2. V neposlední řadě je cílem navrhnout mělké koryto tvaru „ploché mísy“, které se postupně vyvine v přirozený tvar „plochého pekáče“ tak, aby navrhované koryto bylo stabilní, v případě velkých vod docházelo k rozlivu do přilehlé nivy a nebylo tak ohrožováno silnou erozí.

Konkrétní cíle v lokalitě REV 1



Foto 30 (vlevo) ř. km 0,20, **Foto 31 (vpravo)** ř. km 0,89: Vodní tok nebo koleje v Austrálii? Koryto je přímé vždy v délce několika set metrů, otázkou byla pouze volba umělého opevnění: vegetační tvárnice (**vlevo**) nebo kulatina přikotvená ocelovými trny (**vpravo**). Podle mého názoru hůř „vypadají“ vegetační tvárnice, ale nebezpečnější (např. pro zvěř) jsou patrně ocelové trny. V rámci revitalizace by mělo být opevnění odstraněno (minimálně tam, kde se nově a stávající koryto budou křížit) a původní koryto zasypáno zeminou odtěženou v trase nového koryta.



Foto 32 (vlevo), Foto 33 (vpravo) ř. km 0,74: V horní části úseku (po soutok s Barchaneckým potokem) je koryto výrazně naddimenzováno, **vlevo** je koryto při „běžném“ průtoku, **vpravo** při největší vodě, kterou zde autorka zaznamenala (5.4.2010), kdy zde korytem protékalo $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V tomto úseku autorům úpravy zřejmě překážela stromová vegetace, jak je ale dále patrné, nivu tvoří pravidelně sečená louka. Nové koryto by proto mělo mít menší průtočnou kapacitu s možností rozliti a přirozený vegetační doprovod.



Foto 34 (vlevo) ř. km 0,20, **Foto 35 (vpravo)** ř. km 0,42: Na dolním toku Slubice (pod soutokem s Barchaneckým potokem) se koryto naplnilo za poslední tři roky při každém jarním tání, nikdy se však voda přímo nevylévala z břehů (**vlevo**), voda soustředěná do přímého koryta má však velkou energii a vytváří značné nátrže i za „trvanlivou“ úpravou vegetačních tvárníc (**vpravo**). Nové koryto by proto mělo tuto energii tlumit svou meandrující trasou a s tím spojenou větší délkou trasy a menším sklonem.



Foto 36 (vlevo nahoře), Foto 37 (vpravo nahoře), Foto 38 (vlevo dole), Foto 39 (vpravo dole) V trase původního koryta voda setrvává celoročně (**vlevo nahoře**) nebo alespoň v době jarních velkých vod (**vpravo nahoře**), přičemž niva podél levého břehu je i ve značné vzdálenosti od toku celoročně výrazně zamokřená (**vlevo dole**) a podél pravého břehu se nacházejí v nivě zbytky původních koryt (**vpravo dole**). Revitalizační návrh by proto měl původních koryt podél pravého břehu využít a vzájemně je propojit v prostoru, který vždy patřil a i dnes přes snahy člověka patří vodě.

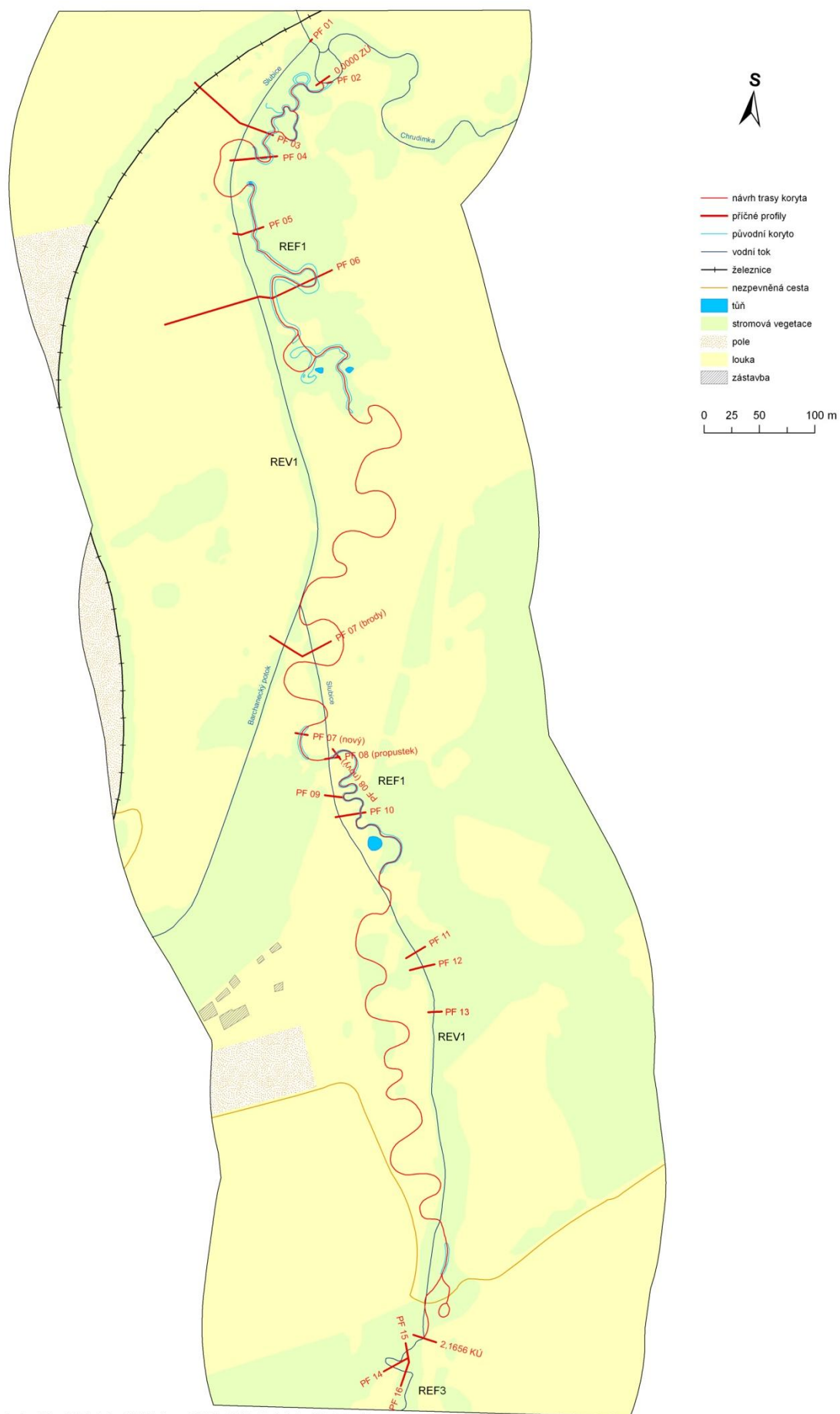
Konkrétní cíle v lokalitě REV 2



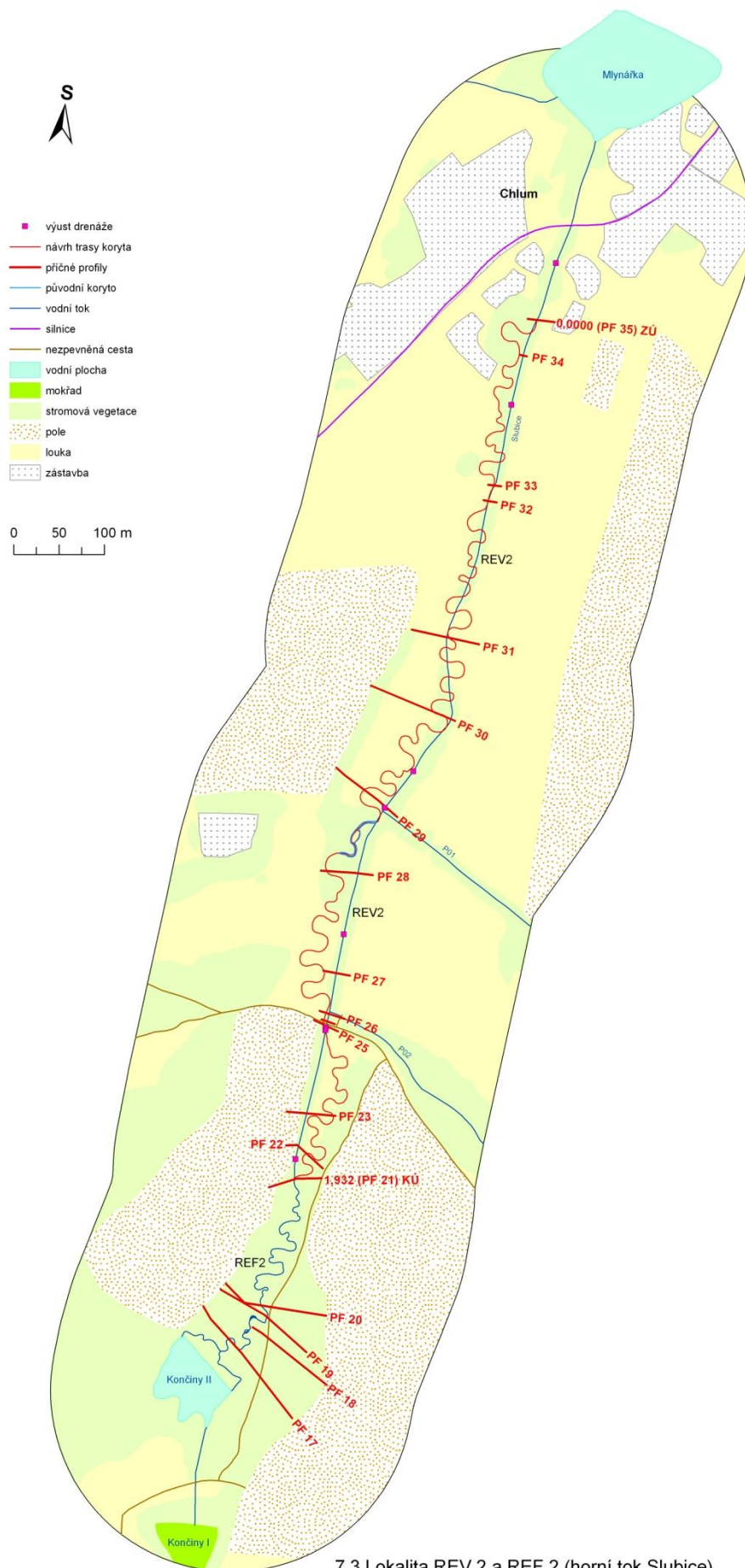
Foto 40 (vlevo) ř. km 5,63, **Foto 41 (vpravo)** ř. km 5,57: Koryto je opět v patách břehů opevněno zbytky kulatiny fixované ocelovými trny (**vlevo**) či dřevěnými kůly (**vpravo**), úprava se souvisle vyskytuje již pouze v horní části úseku. Z fotografie vpravo je dále patrné jak velké (kapacitní) koryto bylo pro Slubici na horním toku při úpravě vytvořeno. V rámci revitalizace by mělo dojít k odstranění opevnění (minimálně tam, kde se nové a stávající koryto budou křížit a v rámci ponechaných tůň). Současné koryto bude částečně zasypáno a částečně ponecháno jako „tůň“, do kterých bude zaústěno i stále funkční odvodnění okolních pozemků.



Foto 42 (vlevo nahoře), Foto 43 (vpravo nahoře), Foto 44 (vlevo dole), Foto 45 (vpravo dole) ř. km 4,90 – 5,10: Ve spodní části úseku výška pravého břehu nezdědka převyšuje 2 m (**vlevo nahoře**), vzhledem ke značnému sklonu toku v tomto úseku (1,7 %) zde má voda velkou energii a snahu vytvářet pomocí nátrží zákrutovou trasu. Velká část z původní úpravy tak již byla převrstvena sesouvajícími se břehy, i přes patrné renaturační procesy je však koryto v tomto úseku natolik zahlobené, že se jeví vhodnější koryto opustit a vytvořit zcela novou trasu.



Mapa 7.2 Lokalita REV 1, REF 1 a REF 3 (dolní tok Slubice)



7.3 Lokalita REV 2 a REF 2 (horní tok Slubice)



Foto 46 (vlevo) ř. km 4,67, **Foto 47 (vpravo)** ř. km 5,71: O tom, že je koryto Slubice v úseku REV 1 výrazně naddimenzované svědčí největší povodňová událost, kterou zde autorka za poslední 3 roky zaznamenala, kdy korytem protékalo 155 l.s^{-1} při hloubce vody 20 cm (tato událost je zachycena na snímku **vlevo**), přičemž hloubka koryta po břehovou hranu zde dosahuje 1,7 m. Revitalizace si tedy klade za cíl vytvořit úplně nové mělké koryto tvaru ploché „mísy“, takové je patrné v příslušné referenční lokalitě REF 2 (**vpravo**).



Foto 48 (vlevo), Foto 49 (dole) V rámci revitalizačních úprav je ale nutné vyřešit také problém přítoků odvodňovací soustavy P01 a P02 (viz příloha 3), jejichž nadměrný sklon a velká energie vody by mohla realizovanou revitalizaci výrazně poškozovat, (**vlevo**) „horní tok“ přítoku P01 opěvněný žlabovkami, (**dole**) „dolní tok“ přítoku P02 před zaústěním do Slubice s úspěšnými renaturačními snahami.



7.3 REFERENČNÍ STAV JAKO PŘEDLOHA PRO NAVRHOVANÁ OPATŘENÍ

Základní předlohou pro revitalizační opatření jsou přírodní úseky vodních toků (Just, 2005, Wade, 2000, Kern, 1992 in Bostelmann et al., 2000, SER, 2004), tedy referenční úseky na toku, jehož úsek se chystáme revitalizovat či referenční úseky jiných toků regionu s obdobnými fyzicko-geografickými charakteristikami. Referenční úseky jako předloha návrhu opatření tedy byly nalezeny i na toku Slubice. Pro návrh revitalizačních opatření v lokalitě REV 1 byla využita jednak lokalita s výskytem původních koryt nacházející se zejména podél pravého břehu dolního toku Slubice na úrovni ř. km 0,00 – 0,35 a 0,7 – 0,8 (viz mapa 7.2), která bude dále označována jako lokalita REF 1 a dále přírodní úsek Slubice zvaný „mezi lesy“ (ř. km 1,24 – 2,92), který bude dále označován jako REF 3. Pro návrh v lokalitě REV 2 byl využit přírodní úsek Slubice v ř. km 5,63 – 6,11 (od PF 21 po hráz rybníka Končiny II, viz mapa 7.3), který bude dále označován jako REF 2.

7.3.1 Rozvaha o morfologickém typu koryta

Na základě vymezení typů vodních toků (Langhammer a kol., 2009) je Slubice vrchovinným tokem úmoří Severního moře na krystaliniku (kód 131). Pro tento typ jsou charakteristické nadmořské výšky 500 – 800 m, obvykle nedaleko pramenných oblastí (toky nižšího řádu). Tyto toky zpravidla bývají zpravidla kratší s nižšími průtoky, nemají proto ani příliš zahlobená údolí, obvykle však mívají větší spád (Langhammer a kol., 2009).

Na základě vyhodnocení změn délky a tvaru říční sítě v povodí Slubice (viz kapitola 5) a z terénního průzkumu výše uvedených referenčních lokalit je zřejmé, že pro trasu Slubice je v lokalitě REV 1 i v lokalitě REV 2 typické **meandrování** (čímž je myšlena křivolakost vyšší než 1,5). Index křivolakosti se v lokalitě REF 2 velmi blíží hodnotě 2, v lokalitě REF 1 je křivolakost vyšší než 2.

Meandrování je typické pro střední části toků s mírnějším podélným sklonem, kde převládá boční eroze a dochází k výraznému zvlnění trasy toku. Meandrace se běžně rozvíjí v údolích do 2 % sklonu, kde je toku k dispozici dostatečná šířka nivy. Obecně je vlnění koryta v poměrně pravidelných protisměrných obloucích formou v přírodě obvyklého způsobu tlumení energie (Just, 2005). Sклон údolí v lokalitě REV 1 je 0,5 % a v lokalitě REV 2 je sklon 1,7 %. Z obecně známých zákonitostí geometrie trasy, které vycházejí zpravidla ze šířky koryta, je vzhledem k referenčním podmínkám jednotlivých lokalit zřejmé, že veškeré parametry meandru v lokalitě REV 2 budou v návrhu trasy menší než při návrhu v lokalitě REV 1 a budou se odvíjet od návrhu příčného profilu (šířky) koryta popsaného v kapitole 7.6.

7.3.2 Referenční stav pro lokalitu REV 1

Referenční stav pro lokalitu REV 1 lze, jak již bylo výše zmíněno, odvozovat z přírodního úseku nad úsekem navrhovaným k revitalizaci (REF 3) a z pozůstatků původního koryta Slubice, které se zachovaly podél pravého břehu současného koryta (lokalita REF 1).

V referenční lokalitě REF 3 jsou dominantní meandry s velkým poloměrem a značným zahlobením při nárazovém břehu střídané brody, přes které může pohodlně přecházet zvěř. Tato lokalita zvaná „mezi lesy“ je chráněna před vlivy člověka, takže zde nalezneme opravdu přirozený říční ekosystém, což ale značně ztěžuje její přístupnost. Zaměřeny proto byly pouze 3 příčné profily v dolní části úseku, na které bezprostředně navazuje lokalita navrhovaná k revitalizaci (viz příloha 11). Zde byla zjištěna šířka koryta v rozmezí 3,5 – 4 m a hloubka cca 1 m. Niva ponechaná toku je celá značně vlhká a nachází se zde řada tůní (mrtvých ramen) i poměrně vzdálených od koryta. V březích převažují vzrostlé stromy, většinou olše lepkavá (foto 50) a dále různé druhy vrb, které jsou hojně zastoupeny v celé nivě. Vzhledem k tomu, že jsou do tohoto úseku zplavovány živiny z velké části povodí a tok zde poměrně často vybřežuje, tvoří bylinné patro bujná vegetace kopřiv, svízelů a různých druhů trav. Nachází se zde značné množství přestárých stromů i mrtvého dřeva. Dno tvoří šterkovito-písčité substrát, časté jsou zde akumulací lavice (foto 51).



Foto 50 (vlevo) ř. km 2,25: Vzrostlé stromy ve březích, koryto tvaru plochého „pekáče“, **Foto 51 (vpravo)** ř. km 2,35: Akumulační lavice a husté porosty vrb (lokalita REF 3)

V referenční lokalitě s původními koryty REV 1 byly typické velmi nepravidelné a členité meandry značných rozměrů (viz obrázek 5.1 a příloha 2 a 11). Šířka meandrového pásu byla zřejmě cca 60 – 70 m. Podle naměřených dat dnes šířka koryt pohybuje v rozmezí 4 – 5 m a hloubka 0,7 – 0,8 m (viz příloha 11), v případě hloubky je ale zřejmé, že za posledních 25 let, kdy zde voda neprotékala koryta značně zazemnila (foto 55). I přesto je zřejmá členitost koryt, nachází se zde řada obtoků a tůní, z nichž několik prakticky nevysychá.



Foto 52 (vlevo) Původní koryto na úrovni ř. km 0,26: Část největšího zachovalého meandru v lokalitě REF 1 se vzrostlými „zdravými“ stromy, **Foto 53 (vpravo)** Ústí původního koryta Slubice do Chrudimky



Foto 54 (vlevo) Původní koryto na úrovni ř. km 0,13: Zachovalý meandr (viz PF 4, příloha 2), **Foto 55 (vpravo)** ř. km 0,27: Rovný úsek souběžně s dnešním korytem (napravo) se značným množstvím mrtvých stromů



Foto 56 (vlevo) Původní koryto na úrovni ř. km 0,20: Cca půl roku jsou koryta v lokalitě REF 1 vyplněna vodou, **Foto 57 (vpravo)** V letních a podzimních měsících lze pozorovat tvary vyschlých koryt

Lokalita má stejně jako lokalita REF 3 ráz vzrostlého lesa, v němž výrazně dominují olše lepkavá a bříza, které lemují i břehy koryt (foto 52, 54 a 55). Z keřů se vyskytuje např. hloh, směrem k ústí do Chrudimky, kde je vlhčeji, se velmi daří vrbám. V bylinném patře najdeme především ostružiní, maliní, borůvčí a různé druhy trav. V lokalitě se nachází řada vzrostlých „zdravých“ (myšleno rostoucích, ne dendrologicky posouzených) stromů, ale také obrovské množství mrtvého dřeva, které zde již nějakou dobu leží a porůstá mechem, ale i takového, které aktuálně při větším větru padá (foto 55 a 56). Toto je společný rys s předchozí lokalitou REF 3.

7.3.3 Referenční stav pro lokalitu REV 2

Pro referenční lokalitu REF 2 nad úsekem navrhovaným k revitalizaci je typická meandrující trasa koryta (foto 58 a 59), přičemž šířka meandrového pásu se pohybuje od 20 do 30 m. Poloměr zakřivení meandru i délka vlny meandru se výrazně liší a tvar trasy koryta je tak velmi pestrý (viz příloha 12 Přehledná situace REV 2). Šířka koryta toku se pohybuje nejčastěji v rozmezí 2 – 2,5 m a hloubka zpravidla v rozmezí 0,3 – 0,4 m (viz příloha 2 Příčné profily). Jedná se tedy o mělké koryto tvaru plochého, širokého „pekáče“ (foto 62 a 63). Střídají se zde hlubší tůňky při nárazových březích meandrů i velmi mělké brody v inflexích, proudění je tedy značně diversifikované. Břehy koryta jsou zpevněny kořeny vzrostlých stromů, které zajišťují šířkovou členitost koryta (foto 60 a 61). Dno tvoří zpravidla štěrk. Údolní niva je zprava výrazně ohraničena svahem (foto 61), po levé straně plynule přechází v přílehlou zemědělskou půdu. Negativním faktorem úseku je rybník Končiny II, jehož hráz je natolik poškozena, že ve většině roku volně protéká, v suchých obdobích na přelomu léta a podzimu však vodu spíše zadržuje a v korytě Slubice tak chybí. Niva je tvořena lesem s přirozenou druhovou skladbou s výrazně vyvinutým bylinným patrem. Bezprostředně blízko toku či přímo v korytě dominují vrby doplněné olší lepkavou, dále zde nalezneme lísku obecnou, javor mléč, břízu i smrk. Bylinné patro tvoří typické „lesní byliny“: přeslička lesní, různé druhy kapradin, ostružiní, maliní, mechy, šťavel kyselý, starček hajní, blíže toku potom svízel, bršlice kozí noha a různé druhy trav.



Foto 58 (nahore) ř. km 5,89, **Foto 59 (vlevo)** ř. km 5,83: Meandrování Slubice na horním toku, meandry odlišných parametrů a tvarů střídají úseky ze zákruty i přímé, **Foto 60 (vpravo)** ř. km 5,77: Břehy zpevněné kořeny vzrostlých stromů, **Foto 61 (dole)** ř. km 5,93: Niva Slubice je zprava výrazně ohraničená svahem, který pokračuje i v lokalitě navrhované (REV 2)

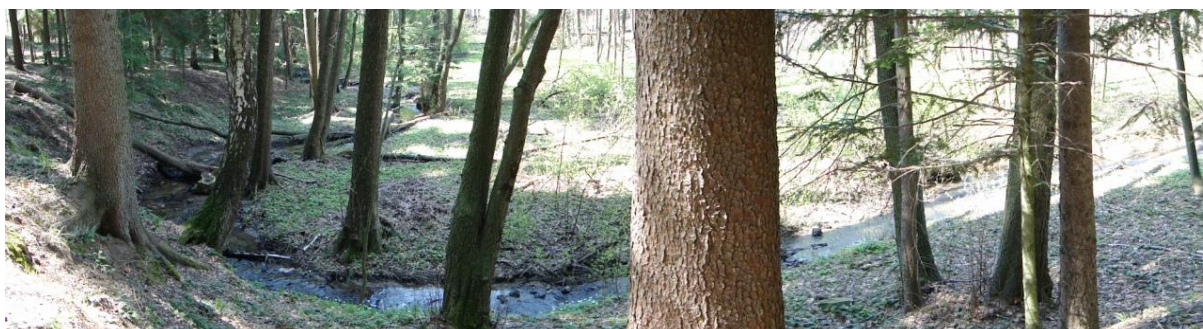


Foto 62 ř.km 5,65, **Foto 63** ř. km 5,85: Koryto je mělké a členité – převažuje přírodní tvar plochého, širokého „pekáče“

7.4 METODIKA NÁVRHU

Nejprve byly autorkou nalezeny úseky toku vhodné k revitalizaci a referenční úseky ve stejných fyzicko-geografických podmínkách, které dále sloužily jako předloha pro návrh revitalizačních opatření. Celé území bylo podrobně zmapováno a pomocí GPS byly zaznamenány zvláštní objekty (výusti drenáží, skluzy, tůňe, výrazné nátrže či akumulace aj.) a vytipována místa vhodná pro zaměření příčných profilů tak, aby byly vystiženy rozmanité podmínky referenčních i „revitalizačních“ lokalit. Protože k celému povodí Slubice existuje velmi málo dat, např. jediný údaj o N-letých vodách a M-denních průtocích je dostupný pro ústí Slubice (viz kapitola 3.2.2) a další přepočítávání hodnot pro jiné profily povodí se v praxi příliš neosvědčilo (ústní sdělení pracovníka ZVHS Chrudim), rozhodla se autorka pro získání dat o kapacitě koryta a jeho parametrech zaměřit vybrané příčné profily přes současné (v některých případech i původní) koryto toku pomocí nivelačního přístroje a další vybrané profily „vykolmičkovat“. Pro zaměřování podkladu pro návrh revitalizace by bylo vhodnější využít totální stanici než nivelační přístroj, kterým je možno zaznamenat pouze výšky, ne však polohu daného bodu. Využití totální stanice pro postižení kapacity koryta v referenčních i současně upravených úsecích a získání číselně vyjádřitelných informací o tvarech přírodě blízkých koryt v daných podmínkách se pro účely studie nejprve nejevilo nezbytně nutné. Autorka předpokládá detailní geodetické polohopisné a výškopisné zaměření lokalit v rámci zpracování projektové dokumentace. Za účelem zaznamenání polohy jednotlivých profilů do mapy byly při měření nivelačním přístrojem vybrané body zaznamenávány pomocí GPS a pro staničení byly délky odečítány pomocí pásma. V každém z nivelovaných profilů byl zatlučen dřevěný kolík označený číslem, za účelem vytvoření pevného bodu, ke kterému je možné se kdykoli vrátit. Nivelační zápisníky byly tabelárně zpracovány a veškeré změřené výšky byly přepočítány na hladinu 100,00 m pro výšku dna na začátku úpravy, každé ze dvou výše zmiňovaných lokalit. V lokalitě REV 1, REF 1 a REF 3 byly profily číslovány od ústí Slubice proti proudu (tak jak postupovalo měření), v lokalitě REV 2 a REF 2 postupovalo měření od „pevného bodu“ štanýře rybníka Končiny II, proto byly profily číslovány po toku a toto číslování bylo ponecháno. Zaměřování příčných profilů bylo prováděno za účelem vytvoření podkladu pro návrh revitalizace. Až po vytvoření podkladu byla navržena nová trasa koryta, zaměřené příčné profily proto zcela nesledují navrhovanou trasu, ale především stávající či původní koryta. Z podélných profilů návrhů pro obě lokality (příloha 13 a 14) je tedy patrné, že příčné profily nebyly z důvodu značné délky lokalit zaměřovány po určitých vzdálenostech (např. 30 m) ale tak, aby postihly variabilitu daných lokalit. Do podélných profilů byla dále zakreslena křížení navrhovaného koryta se současným korytem toku. „Kolmičkování“ profilů v referenčních lokalitách za účelem poučení se z tvarů koryt pro návrh revitalizovaného koryta bylo prováděno pouze přes koryto toku (od břehu ke břehu), a to pomocí nivelační latě položené přes koryto toku a dřevěného měřidla pro odečítání hloubek. Jak už bylo výše zmíněno, tyto profily sloužily pouze pro dokreslení situace, a proto nebyly výškově vztaženy k nivelačnímu měření v lokalitách a je u nich tedy

zaznamenána pouze hloubka koryta vztažená k nižšímu břehu. Všechny profily jsou vykresleny v příloze 2 Příčné profily a zaznamenány v situacích (příloha 11 a 12).

Získaná polohopisná data byla za pomoci georeferencovaných leteckých snímků nejprve zpracována v programu ArcGIS. Mapy 7.2 a 7.3 tak zachycují současná i původní koryta, profily zaměřené nivelačním přístrojem a landcover obou lokalit, vše ke stavu 10/2009. Dále mapy zachycují návrh trasy nového koryta (1. varianta) v obou lokalitách, který je detailněji vykreslen v situacích (příloha 11 a 12). Další návrhy trasy, tůň apod. jsou v situacích vykresleny méně výrazně a dále budou nazývány 2. varianta. Výřezy lokalit zobrazené na mapách 7.2 a 7.3 byly vytvořeny v prostředí ArcGIS pomocí nástroje *buffer* 200 m od současného koryta Slubice, v případě lokalit REV 1, REF 1 a REF 3 byl navíc z praktických důvodů shora (za ústím Slubice do Chrudimky) a zdola oříznut (dále proti proudu již data nebyla měřena). Na mapě 7.3 z lokality vymezené pomocí *bufferu* vyčnívá rybník Mlynářka, protože autorce přišlo důležité, zachytit v situaci lokality rybník celý.

Polohopisná data byla následně pomocí nástroje *Universal Translator* programu MapInfo převedena z formátu ESRI Shape do formátu AutoCAD DWG a dále byla situace úpravy zpracovávána v programu AutoCAD. Do situací obou lokalit byly doplněny výškové poměry, podklad současných katastrálních map, mapování NATURA 2000, historické trasy koryt v lokalitách z map stabilního katastru a při zohlednění všech doposud získaných dat byla navržena první varianta trasy nového koryta pro lokalitu REV 1 i REV 2 v podobě jednoduché linie. Následně byla tato varianta ověřena opětovným terénním průzkumem v daných lokalitách, po kterém následovala úprava délky a tedy i sklonu navrhovaného koryta i „přeložení“ prvního návrhu trasy do „ještě vhodnějších“ míst lokalit. Pro vedení trasy byla stanovena tato kritéria: navázání na stávající trasu, vytvoření nové delší trasy koryta vedené údolnicí lokalit při využití nevyužívaných a vlhkých pozemků a původních koryt v souladu s využíváním území (přístupností pozemků) a vlastnickými vztahy. Situace jsou vykresleny v měřítku 1: 1000, bílé plochy v situacích představují louky.

Do podélných profilů lokalit (příloha 13 a 14) byly nejprve vyneseny nadmořské výšky terénu v ose navrhovaného koryta v označených příčných profilech a v místech křížení stávajícího koryta s navrhovaným. Dále byly v označených příčných profilech vyneseny nadmořské výšky terénu pro pravý a levý břeh, v lokalitě REV 1 jako stávající terén ve vzdálenosti 2,6 m od osy navrhovaného koryta, případně byly jako pravý a levý břeh použity břehy původních koryt, která jsou v návrhu využita, a v lokalitě REV 2 byly jako pravý a levý břeh vyneseny výšky stávajícího terénu ve vzdálenosti 1,4 m od osy navrhovaného koryta na obě strany (protože šířka navrhovaného koryta v lokalitě REV 2 je 2,8 m, podrobněji kapitola 7.6). Protože si navrhovaný úsek klade za cíl napojit se na začátku i konci úpravy do stávajícího koryta, byla spojením nadmořských výšek dna v profilech ZÚ a KÚ vytvořena v obou lokalitách pracovní niveleta. Následoval návrh vzorového příčného profilu a kapacity nového koryta (viz kapitola 7.6).

Dále byla v obou lokalitách navržena niveleta dna pro nové koryto. Základem pro tento návrh byly 2 podmínky: optimální sklon a optimální hloubka při nejlepším využití podmínek terénu.

S návrhem nivelety dna byly současně vykreslovány i příčné profily nového koryta tak, aby bylo navrhované koryto co nejcitlivěji umístěno ve stávajícím terénu. V lokalitě REV 1 bylo při návrhu nového koryta snahou zejména využití velmi dobře zachovalých původních koryt. V případě, že je navrhovaná niveleta totožná s niveletou (dnem) původních koryt, je toto v podélném profilu popsáno (místa jsou tedy již z podélného profilu patrně tůň v trase navrhovaného koryta). Návrh nivelety dna výškově vystihují podélné profily (příloha 13 a 14). Poloha navrhovaného koryta v terénu (i vzhledem k poloze a kapacitě současného koryta) je patrná z příčných profilů obou lokalit (příloha 2).

Současný stav toku a všechna podstatná data jsou uvedena v předchozích kapitolách práce.

7.5 NÁVRH TRASY KORYTA, MAJETKOPRÁVNÍ POMĚRY

Empirickými výzkumy zákonitostí geometrie meandrů byly zjištěny vztahy uvedené v tabulce 2.2 v kapitole 2.4.2. S přihlédnutím k těmto matematicky vyjádřeným zákonitostem a k tvarování koryta v příslušných referenčních úsecích bylo navrženo koryto s parametry meandrů a meandrového pásu, které nejlépe vystihuje příloha 11 a 12.

V rámci řešených lokalit je navržena nová meandrující trasa koryta toku vytvořená na podkladě parametrů trasy v příslušných referenčních lokalitách. Na počátku (ZÚ) i konci úpravy (KÚ) trasa navazuje na současné koryto toku (viz příloha 11 a 12). Aby bylo koryto dostatečně migračně prostupné, nebylo ohrožené silnou erozí ani přílišnými akumulacemi, byla trasa versus sklon navrhována s předpokladem, že pokud prodloužíme trasu, čímž zároveň snížíme sklon dna, nebude nutné k zajištění stability dna do toku vkládat stabilizační příčné stupně či jezy. V rámci zpracování projektové dokumentace se předpokládá posouzení vlastností substrátu a nevýslacích rychlostí výpočty. Na základě tohoto posouzení se následně provede stabilizace koryta proti eventuálnímu vymílání do hloubky např. pomocí kamenných záhozů v inflexních bodech oblouků. Trasa v lokalitě REV 1 byla v rámci návrhu prodloužena ze současných 1,237 km na délku 2,166 km, přičemž se průměrný sklon dna snížil ze 4,66 ‰ na 2,66 ‰. V lokalitě REV 2 se trasa prodloužila z původních 1,005 km na 1,932 km, přičemž se průměrný sklon snížil z 16,57 ‰ na 8,62 ‰ (v příslušné referenční lokalitě byl zjištěn sklon dna 8,8 ‰). Sklon a délka nivelety pro jednotlivé dílčí úseky nové trasy jsou popsány v podélných profilech pro zájmové lokality REV 1 a REV 2 (viz příloha 13 a 14). Obecně lze tedy říci, že se délka trasy v obou lokalitách při návrhu nového koryta téměř zdvojnásobila, zatímco sklon dna se snížil na téměř poloviční (viz tabulka 7.1).

Úsek	Délka [km]	Δh [m]	Sklon [‰]	Průtočný profil [m ²]	Q [m ³ .s ⁻¹]
REV 1 současný	1,237	5,77	4,66	4,28	$Q_1 = 4$, $Q_{30d} = 0,73^*)$ $Q_{kk} = 0,947$
REV 1 navrhovaný	2,166		2,66	1,86	
REV 2 současný	1,005	16,65	16,57	7,42	$Q_{kk} = 0,306$
REV 2 navrhovaný	1,932		8,62	0,54	

*)podle Hydrologických poměrů ČSSR (1931-1960)

Tabulka 7.1 Přehled základních navrhovaných charakteristik

V lokalitě REV 1 bylo při návrhu nové trasy využito původních, stále velmi dobře patrných koryt, zachovalých zejména v dolní části lokality, která byla propojena nově navrženou trasou

napojenou na stávající koryto v ř. km 1,237. V dolní části úseku bylo v rámci původních koryt navrženo obnovení dvou obtoků (ř. km 0,065 – 0,106 a ř. km 0,507 – 0,577 nové trasy), které jsou v krajině již patrné. Dále byla v horní části lokality navržena tůňka za účelem zachycení vody stékající z polí přes průleh odvodňovaná do nového koryta (průleh do koryta ústí v ř. km 2,101).

V lokalitě REV 2 se zbytky původních koryt nezachovaly, a proto bylo nutné vytvořit zcela novou trasu koryta. Při návrhu bylo dbáno na podmínku, aby koryto procházelo nejnižší a nejvlhčí částí nivy. Tvarování trasy revitalizačního koryta bylo vytvořeno na základě parametrů zjištěných v příslušné referenční lokalitě (šířka meandrového pásu, poloměry a tvar oblouků, délka přechodových úseků mezi jednotlivými oblouky). Nové koryto bylo naplánováno přes stávající terénní sníženinu, která má ve vlhčích částech roku charakter mokřadu (rozměr cca 15 x 7 m).

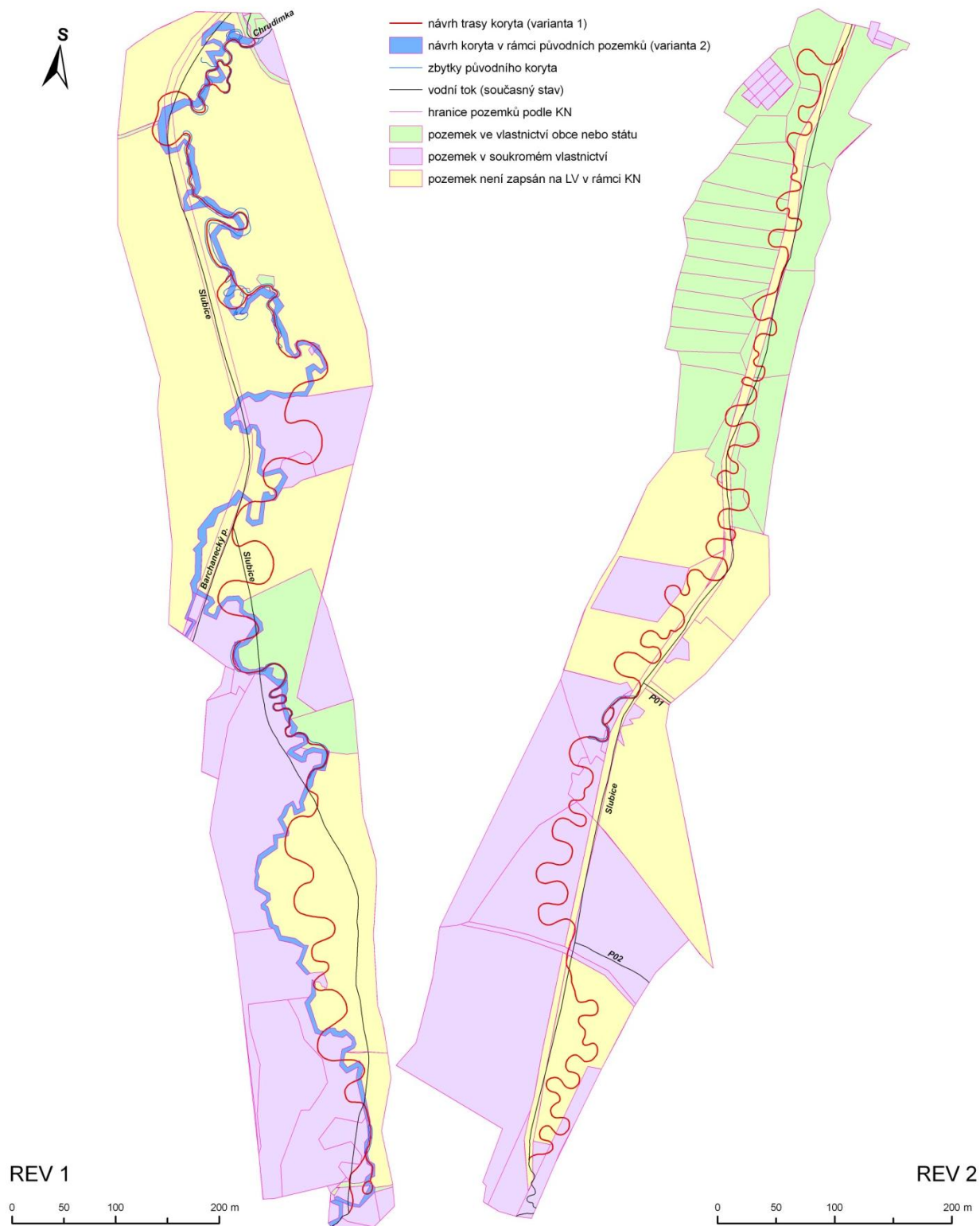
Při návrhu nové trasy koryta byly respektovány zejména následující podmínky (uváděné v pořadí důležitosti): navázání na stávající trasu na počátku a konci úpravy, nová trasa vedena údolnicí území s využitím dochovaných stop původního přirozeného koryta včetně doprovodné vegetace, prodloužení trasy a snížení sklonu (zejména v lokalitě REV 2), zachování významných mostků a jiných objektů k překonání toku, začlenění výustí drenáží i odvodňovacích koryt do návrhu (pokud ústí do stávajícího toku v rámci zájmové lokality). Při návrhu trasy revitalizace je třeba také posoudit dostupnost pozemků pro realizaci. Pro jednotlivé lokality REV 1 a REV 2 byl proto vypracován seznam pozemků a jejich vlastníků dotčených novou trasou koryta.

Vlastnické vztahy byly řešeny na základě katastru nemovitostí (www.cuzk.cz). Nejprve byla pro obě zájmové lokality vytvořena v prostředí ArcGIS vrstva hranic pozemků podle katastru nemovitostí (data byla získána v digitální podobě na ČÚZK). Po návrhu trasy a šířky nového koryta byly v rámci obou lokalit vypsány dotčené pozemky (do kterých nové koryto zasahuje) a následně byli k těmto pozemkům, v rámci služby ČÚZK – nahlížení do katastru, dohledáni vlastníci příslušných pozemků, katastr a druh pozemku, vše je shrnuto v příloze 9 Soupis dotčených pozemků v lokalitě REV 1 a v příloze 10 Soupis dotčených pozemků v lokalitě REV 2. Hranice a čísla dotčených pozemků jsou uvedena v přehledných situacích pro jednotlivé lokality (příloha 11 a 12). Dále byli v nivě toku v obou lokalitách vyhledáni vlastníci pozemků, které by mohly být potenciálně využity v rámci další varianty návrhů a tyto pozemky byly rozlišeny v rámci 3 skupin: na pozemky ve vlastnictví obce nebo státu, pozemky v soukromém vlastnictví a pozemky, které nejsou zapsány na listu vlastnictví (LV) v rámci katastru nemovitostí (KN) (viz mapa 7.4). V situacích jsou pozemky v majetku obcí a České republiky u čísla označeny „o“, pozemky v soukromém vlastnictví nemají u čísla žádné zvláštní označení a pozemky, které nejsou zapsány na LV v rámci KN jsou označeny „x“. Pro dotčené pozemky, které nejsou zapsány na listu vlastnictví v rámci KN, je proto dále třeba dohledat jednotlivé majitele v mapách PK a provést porovnání. Takové pozemky jsou v příloze 9 a 10 označeny ve sloupci PK.

Z mapy 7.4 je patrné, že v lokalitě REV 1 se „obecní“ pozemky nacházejí v trase původního koryta, jinak jen velmi poskrovnou, velké rozlohy však zabírají pozemky nezapsané na listu vlastnictví.

Stávající koryto Slubice nebylo v lokalitě REV 1 majetkově nikterak vypořádáno, v současné době tedy Slubice protéká přes soukromé pozemky. V lokalitě REV 1 by tedy bylo velmi vhodné využít pro trasu nového koryta pozemky původního koryta (tato varianta je v příloze 11 označena jako varianta 2). Domnívám se, že v případě jakékoli varianty v lokalitě REV 1 bude nezbytné zachovat mostek v ř. km 1,237 současného toku, a proto by se varianta 2 napojovala na stávající koryto již před tímto mostkem. Srovnáme-li varianty 1 a 2 vzhledem k napojení v ř. km 2,101 varianty 1, bude změna délky trasy a tedy i průměrného sklonu úseku nepatrná: varianta 1 – 2,101 km, varianta 2 – 2,067 km. Zatímco varianta 1 počítala s napojením Barchaneckého potoka bez výraznějších změn v ř. km 1,029, varianta 2 by vyžadovala revitalizaci Barchaneckého potoka (cca 70 m dlouhého úseku) taktéž s použitím původních pozemků pro vytvoření nové trasy tak, aby došlo k napojení obou toků stejně jako v podkladu katastrální mapy. Otázka využití „obecních“ pozemků původního vodního toku je velmi aktuální již vzhledem k obecné nevoli vlastníků k otázkám revitalizací, varianta 2 má však také svá negativa. Tato negativa spatřuje autorka zejména v nedostatečné šířce původních pozemků pro návrh nového mělkého a širokého koryta. Jedním z hlavních cílů revitalizačních opatření v lokalitě REV 1 je napojení nové trasy na zbytky původních koryt, která se zde zachovala, geometrická generalizovaná trasa vytvořená pomocí pozemků (viz mapa 7.4) se však s původními koryty mnohde nekryje. Otázkou zůstává i samotný tvar trasy varianty 2, kdy byly tvary koryta generalizovány za účelem zakreslení v katastrální mapě, vytvoření koryta přesně v rámci těchto tvarů se jeví dosti „nepřirodní“, i lehké úpravy tvarů by však již zasáhly do okolních pozemků. Na základě uvedených skutečností autorka upřednostňuje variantu 1, případně obě varianty vedení trasy vhodně zkombinovat, domnívá se ale, že ať již bude v lokalitě REV 1 realizována jakákoli z variant, bylo by vzhledem ke značným plochám „sporných pozemků“, které nejsou zapsány na LV v rámci KN, nejvhodnější nejprve v lokalitě provést komplexní pozemkové úpravy s přihlédnutím k zájmům revitalizace.

V lokalitě REV 2 tvoří „obecní“ pozemky celou nivu Slubice v dolní části lokality (viz mapa 7.4). Pozemek současného koryta toku není zapsán na LV v rámci KN. V horní části lokality REV 2 tvořilo koryto Slubice pouze hranici mezi pozemky (nebylo samostatným pozemkem) a niva toku, ale i cesty zde dnes patří několika soukromým vlastníkům. Určujícím kritériem pro vedení trasy nového koryta v lokalitě REV 2 je terén. Niva toku je zprava ohraničena svahem, který se směrem po toku stále více přibližuje současnému korytu. Trasu nového toku je vhodné vést údolnicí a ne zařezávat do svahu, což pak působí značné problémy sesouvání vysokých břehů jako v rámci současného koryta. V horní části úpravy je vhodné vést nové koryto přes velmi vlhkou louku podél pravého břehu současného koryta, dále potom zejména po levém břehu současného koryta, kde je terén nižší. Pokud bychom chtěli v rámci trasy REV 2 zachovat úsek současného koryta, ve kterém po „odplavání“ původního opevnění již úspěšně probíhají renaturační procesy, byl by to nejspodnější úsek lokality, mezi profily 33 a 35 (viz foto 64), problémem ale zůstává značné zahloubení toku cca 1,5 – 2 m (viz foto 64 a 65), se kterým si renaturační procesy neporadí, a proto je podle autorky vhodnější vytvořit nové mělké koryto.



Mapa 7.4 Varianty trasy versus vlastnictví pozemků (REV 1 a REV2)

Celkově figuruje v seznamu pozemků dotčených novým korytem 14 různých vlastníků v lokalitě REV 1 a 8 vlastníků v lokalitě REV 2.

Po vybudování nového koryta je možné ponechat v současném korytě v lokalitě REV 1 i REV 2 několik nezahrnutých úseků, které mohou sloužit jako tůň. V situacích (příloha 11 a 12) jsou v každé z lokalit ponechány 3 tůně v místech současné existence tůní v korytě toku. V lokalitě REV 2 byla dále ponechána jedna menší tůň pro účel zaústění drenáže D7. Kompletní výškové poměry byly zjištěny pouze pro jednu z tůní v lokalitě REV 1, obecně lze však říci, že by mohlo být dno současného toku ponecháno v délce cca 6 m na šířku současného koryta a celkové rozměry tůně by se mohly pohybovat v rozmezí 8 – 10 m na šířku a 10 – 15 m na délku.

Kolize s nadzemním a podzemním vedením nebyla řešena.

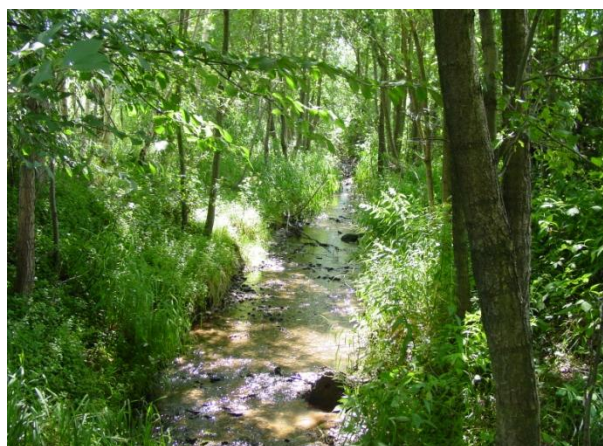


Foto 64 (vlevo) Současné koryto Slubice bezprostředně pod profilem 33 (ř. km 4,81) s úspěšně probíhajícími renaturačními procesy, **Foto 65 (vpravo)** Současné koryto dále po toku (pod profilem 34, ř. km 4,67) je taktéž již bez opevnění, avšak stále přímé a stejně jako v rámci fotografie 64 značně zahloubené

7.6 NÁVRH VZOROVÉHO PŘÍČNÉHO PROFILU A KAPACITY NOVÉHO KORYTA

Vzhledem k tomu, že se obě lokality nachází v extravilánu a pozemky podél toku jsou nevyužívané nebo využívané pouze extenzivně, nabízí se zde návrh přírodě blízkého koryta s kapacitou v rozmezí Q_{30d} až Q_1 , která umožňuje rozlévání velkých vod do nivy. Vytvářený tvar koryta příznivý pro jeho další vývoj je plochá mísa s poměrem hloubky a šířky $h : B = \text{cca } 1 : 5$ a více a příčným sklonem břehů $1 : 3$ nebo mírnějším (Just, 2005).

Jak již bylo uvedeno v kapitole 4.2.2, v povodí Slubice není provozován žádný systematický monitoring vodních stavů a data o odtokových poměrech v povodí Slubice odvozená na základě modelů vycházejících ze srážkových poměrů a tvarů reliéfu se při řadě úprav (i dvou zmiňovaných revitalizacích) realizovaných v povodí neukázala jako příliš vhodný podklad. Hydrologické poměry ČSSR za období (1931 – 1960) uvádějí pro **profil Slubice ústí** do Chrudimky: $Q_1 = 4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{30d} = 0,73 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $Q_{330d} = 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Podle Čekala a Hladného (2009) se na horním toku Chrudimky (nad i pod soutokem se Slubicí) vyskytují během roku 3 výrazně oddělené typy povodní: z jarního tání, letní a tzv. vánoční vody. Autorka na 6 profilech v zájmovém povodí (popsaných v kapitole 4.7.1)

prováděla od listopadu 2008 do května 2010 jedenkrát měsíčně měření průtoků hydrometrickou vrtulí, získaná data graficky zachycují graf 7.1 a 7.2, číselné hodnoty jsou uvedeny v příloze 5.

Na základě těchto skutečností si autorka dovoluje usuzovat, že odtokové poměry Slubice jsou velmi podobné odtokovým poměrům horní Chrudimky (podle Langhammera a kol. (2009) patří oba úseky toků do shodného typu vodních toků). Graf 7.1 pak plně vystihuje jarní velké vody v březnu 2009 (v následujícím roce byly vzhledem k pozdějšímu tání posunuty do dubna, graf 7.2), zvýšené průtoky v letních měsících (červenec, srpen) a vyšší „vánoční vody“ v prosinci. Pokud se zaměříme pouze na klíčové profily pro návrh revitalizace, profil 1. Slubice (Chlum) pod úsekem REV 2 a profil 4. Slubice (ústí) pod úsekem REV 1, byly zjištěny následující skutečnosti:

Pro lokalitu REV 1 (profil 4. Slubice (ústí)):

- **$Q_r = 0,190 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** (průměrný průtok za hydrologický rok 2009 z 12 hodnot průtoků), při ploše průtočného profilu **$P = 0,9 \text{ m}^2$**
- **$Q_{\max 1} = 0,973 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** (v březnu 2009), při ploše průtočného profilu **$P = 1,835 \text{ m}^2$**
- **$Q_{\max 2} = 1,522 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** (v dubnu 2010), tento průtok však pro nepřístupnost nebyl změřen přímo, ale zjištěn součtem průtoků naměřených na Slubici a Barchaneckém potoce před jejich soutokem, navíc je tato hodnota ovlivněna vypouštěním rybníka Januš v inkriminovaném období, i přesto se Slubice při tomto průtoku nevyhlila z břehů a prostor v korytě ještě zbýval
- **$Q_{\min} = 0,018 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** (v říjnu 2009), průtoky **nižší než $Q_{30d} = 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** byly během 19 realizovaných měření zaznamenány **3 x** (11/2008, 5/2009, 10/2009)
- plocha průtočného profilu současného koryta je (v profilu měření hydrometrickou vrtulí) **$P = 4,950 \text{ m}^2$** , v referenční lokalitě REF 3 se plocha průtočného profilu pohybuje kolem **$2,5 \text{ m}^2$** , v referenční lokalitě REF 1 se plocha průtočného profilu původních koryt pohybuje také kolem **$2,5 \text{ m}^2$**

Nejprve bylo pro lokalitu REV 1 na základě výše uvedených skutečností navrženo koryto s těmito parametry: šířka ve dně $b = 1 \text{ m}$, hloubka $h = 0,7 \text{ m}$, příčný sklon 1:3 až do úrovně břehových hran, proto šířka koryta $B = 5,2 \text{ m}$. Těmto parametrům odpovídá plocha průtočného profilu $P = 2,17 \text{ m}^2$. Koryto bylo navrženo na průtok **$Q_{kk} = 1,216 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** , tedy o něco vyšší než Q_{30d} , ale podstatně nižší než Q_1 . Podle orientačního výpočtového posouzení se však kapacita koryta v extravilánu, kde není sebemenší problém se zaplavováním nivy vybřežením koryta v souvislosti s jarním táním, jevila zbytečně velká. Dalším hlediskem byl také poměr hloubky a šířky tohoto koryta $h : B = 1 : 4,43$, kdy u revitalizačních koryt je vhodné držet se spíše poměru $h : B = 1 : 5$ a více.

Jako vhodnější varianta bylo proto pro lokalitu REV 1 navrženo koryto na Q_{30d} s těmito parametry: **šířka ve dně $b = 1 \text{ m}$**

hloubka $h = 0,6 \text{ m}$

příčný sklon 1:3,5 až do úrovně břehových hran, proto šířka koryta $B = 5,2 \text{ m}$

Těmto parametrům odpovídá plocha průtočného profilu **$P = 1,86 \text{ m}^2$** a poměr $h : B = 1 : 5,2$. Koryto je v tomto případě navrženo na průtok **$Q_{kk} = 0,947 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** , což znamená, že například na jaře letošního roku by došlo k rozliti toku do nivy. Námitkou pro zmenšení kapacity koryta může být jeden

obytný dům a několik chat na levém břehu Slubice ještě před soutokem s Barchaneckým potokem (zástavba je patrná z přílohy 11). Faktem však je, že obytný dům a zemědělská stavení k němu příslušící se v nivě vyskytovaly již v době, kdy tudy protékalo přírodní koryto před úpravou. Orientační výpočtové posouzení této varianty koryta je uvedeno v příloze 1.

Pro lokalitu REV 2 (profil 1. Slubice (Chlum)):

- **$Q_r = 0,024 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** (průměrný průtok za hydrologický rok 2009 z 12 hodnot průtoků), při ploše průtočného profilu **$P = 0,12 \text{ m}^2$**
- **$Q_{\max 1} = 0,111 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** (v březnu 2009), při ploše průtočného profilu **$P = 0,231 \text{ m}^2$**
- **$Q_{\max 2} = 0,155 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** (v dubnu 2010), při ploše průtočného profilu **$P = 0,303 \text{ m}^2$**
- **$Q_{\min} = 5,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$** (v prosinci 2009), přičemž průtoky **nižší než $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$** byly během 19 realizovaných měření zaznamenány **5 x**
- plocha průtočného profilu současného koryta je (v profilu měření vrtulí) **$P = 7,42 \text{ m}^2$** , v referenční lokalitě REF 2 se plocha průtočného profilu pohybuje kolem **$0,6 \text{ m}^2$**

Nejprve bylo pro lokalitu REV 2 na základě výše uvedených skutečností navrženo koryto s těmito parametry: šířka ve dně $b = 0,4 \text{ m}$, hloubka $h = 0,4 \text{ m}$, příčný sklon 1:3 až do úrovně břehových hran, proto šířka koryta $B = 2,8 \text{ m}$. Těmto parametrům odpovídá plocha průtočného profilu $P = 0,64 \text{ m}^2$ a **$Q_{kk} = 0,428 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** . Protože hodnoty Q_{30d} ani Q_1 pro tento profil nejsou známy, vycházel návrh kapacity koryta zejména z přírodních předloh v příslušné referenční lokalitě REV 2. Poměr hloubky a šířky tohoto koryta je $h : B = 1 : 4$, což pro revitalizační koryto znamená dolní hranici a bylo by tedy vhodnější koryto změlčit a rozšířit. Tok zde protéká extravilánem nad obcí Chlum, v dolní části návrhu se pak k rozptýlené zástavbě obce značně přibližuje, ale pravděpodobnost jakýchkoli „větších“ povodní je zde na horním toku mizivá. Situaci velké vody při letošním jarním tání a současnými srážkami dokresluje foto 46, kdy korytem protékalo 20 cm vody (při $Q = 155 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$).

Jako vhodnější varianta bylo proto pro lokalitu REV 2 navrženo ještě mělčí a širší koryto s těmito parametry:

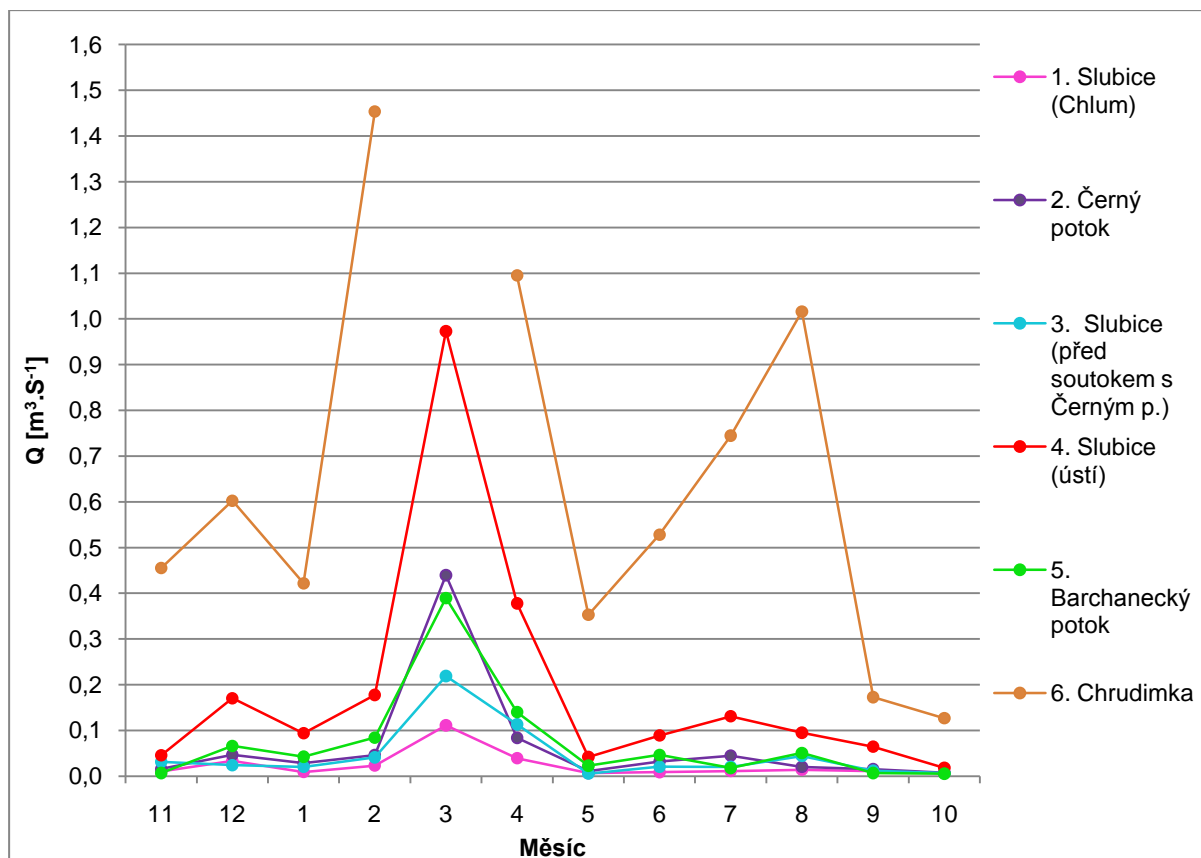
šířka ve dně $b = 0,5 \text{ m}$

hloubka $h = 0,3 \text{ m}$

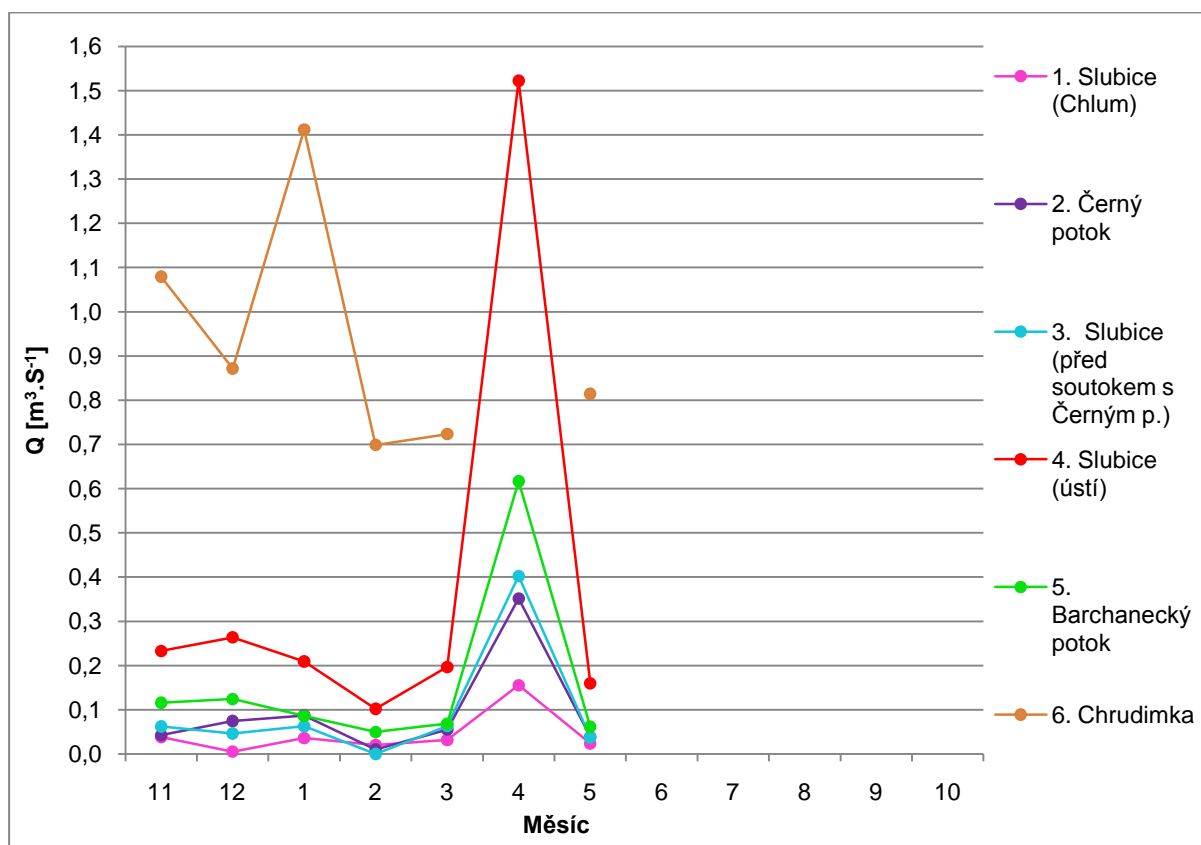
příčný sklon 1:4,3 až do úrovně břehových hran, proto šířka koryta $B = 3,1 \text{ m}$

Těmto parametrům odpovídá plocha průtočného profilu **$P = 0,54 \text{ m}^2$** a poměr $h : B = 1 : 6$. Koryto je v tomto případě navrženo na průtok **$Q_{kk} = 0,306 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** . Graf 7.3 zachycuje parametry navrhovaného koryta (růžově), které by přirozeným vývojem mělo během několika let dospět do stavu současného referenčního profilu (modře). Orientační výpočtové posouzení je uvedeno v příloze 1.

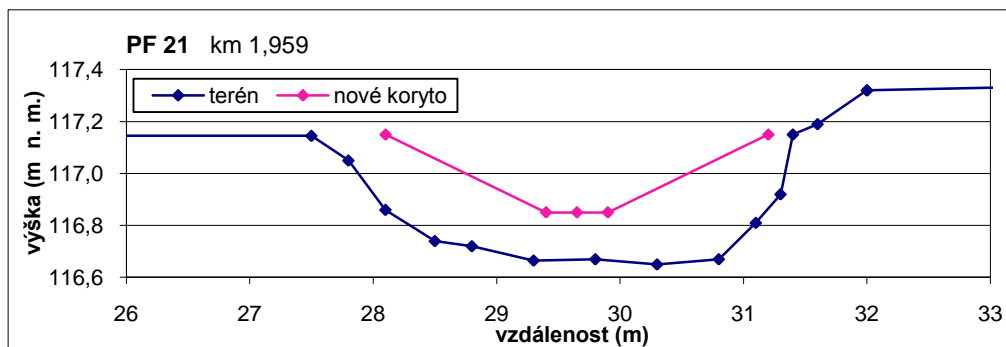
Autorka se domnívá, že Slubice není tok náchylný k významným povodním a vzhledem k využívání okolní nivy není vybřežení žádným závažným problémem, není proto nutné navrhovat koryta s větší kapacitou. Detaily vzorových příčných profilů jsou uvedeny v příloze 11 a 12.



Graf 7.1 Průtoky naměřené hydrometrickou vrtulí (hydrologický rok 2009)



Graf 7.2 Průtoky naměřené hydrometrickou vrtulí (hydrologický rok 2010)



Graf 7.3 Porovnání parametrů navrhovaného koryta a referenčního profilu 21

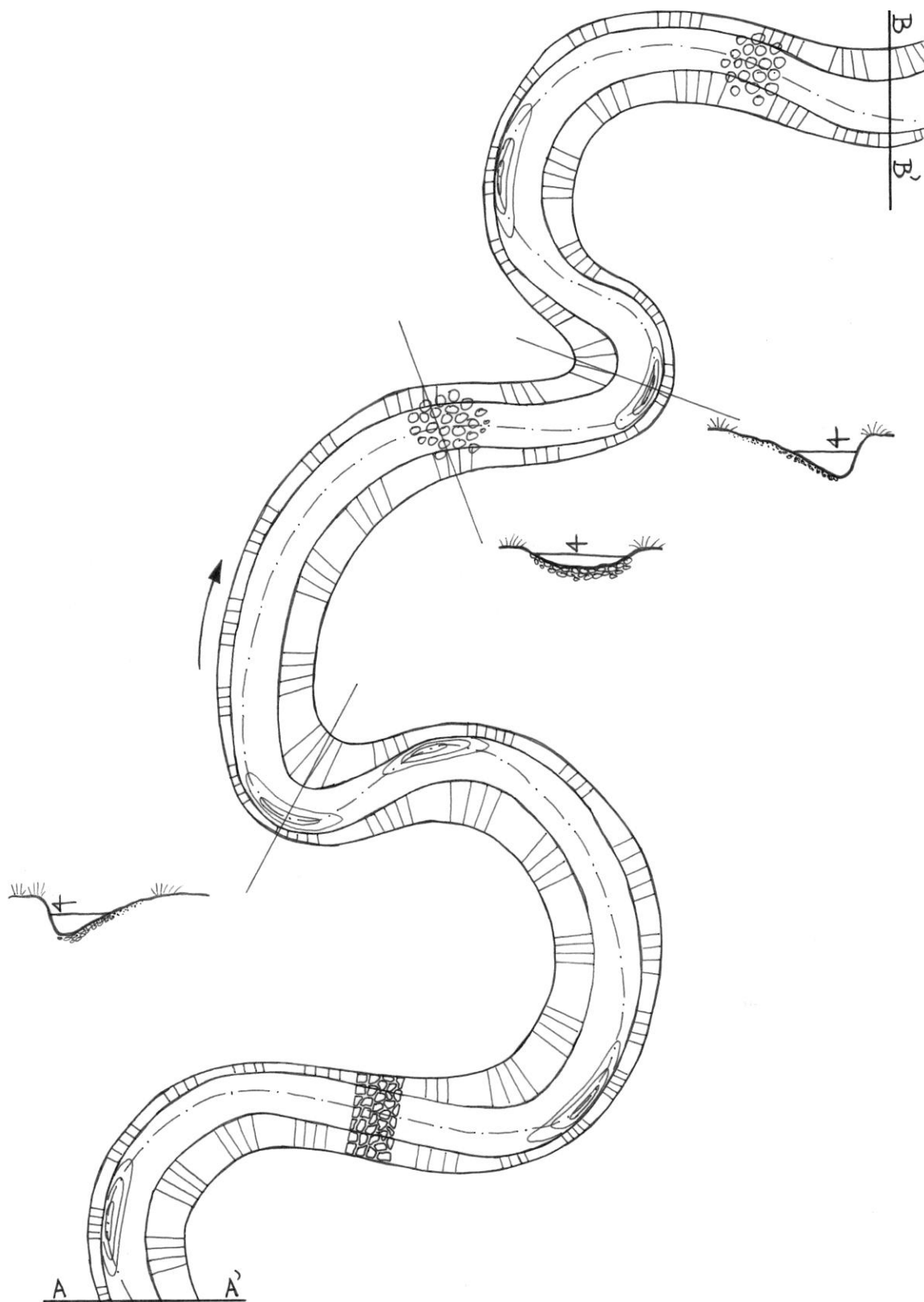
7.7 NÁVRH DETAILŮ TVAROVÁNÍ KORYTA

Trasa revitalizace nemusí být vždy meandrující, aby revitalizace byla úspěšná, nicméně jak v lokalitě REV 1, tak v lokalitě REV 2 bylo na základě příslušných referenčních úseků a historických map navrženo meandrující koryto, z čehož vyplývají i detaily tvarování. Mezi charakteristické znaky meandrujících koryt patří svislé svahy nárazových břehů a tůň v obloucích, mírně sklonité svahy vnitřních břehů v obloucích tvořené jazyky usazenin a kamenité proudné brody v inflexích mezi oblouky (Just, 2005).

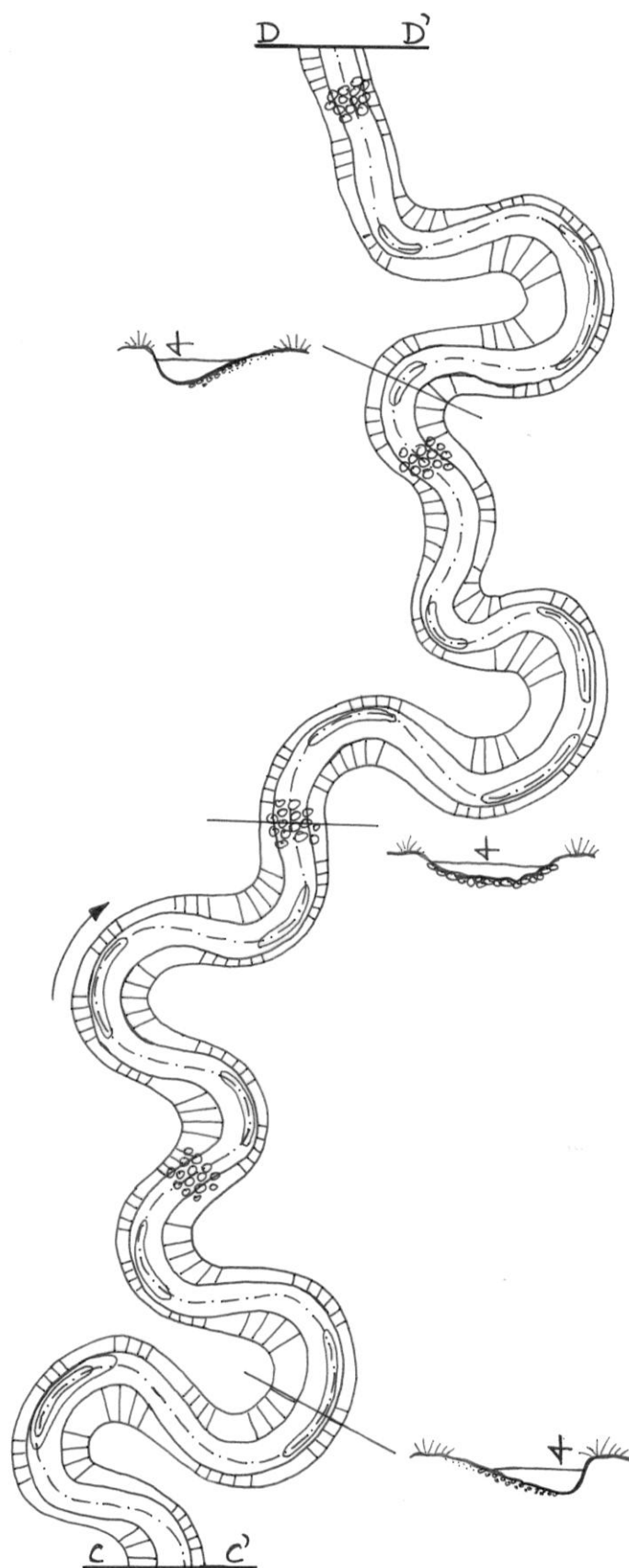
Cílem revitalizace je příčný profil „pekáčovitého tvaru“, jenže v době realizace obtížně vytvoříme stabilní a zároveň převísle břehy bez „zakořenělé“ bylinné a dřevinné vegetace v březích. Při realizaci je tedy uplatňována myšlenka vytvoření mělké ploché mísy, v přímých úsecích s mírným sklonem svahů 1 : 3,5 (resp. 4,3), pouze konkávní břehy meandrujících koryt jsou navrženy ve větším sklonu 1 : 2,3 (resp. 3), oproti tomu v konvexních březích jsou uplatňovány sklony menší 1 : 4,7 (resp. 5,7). Mírně sklonité břehy jsou uplatňovány zejména proto, že jsou již bezprostředně po provedení poměrně stabilní a není třeba je uměle stabilizovat opevněním, ale také proto, že vytváří podmínky pro rozvoj širokého litorálu. Boční eroze v případě revitalizace není na závadu, je chápána jako přirozený vývoj, problémem je ale eroze hloubková, kterou je třeba eliminovat. Stabilizaci kamenivem proto není vhodné realizovat v konkávních březích, kde se proudnice přirozeně přichyľuje ke břehu a vznikají zde tůň, ale v místech přechodů mezi oblouky tak, abychom v proudných úsecích zabránili erozi hloubkové.

Pro navrhované koryto byly vytvořeny, jak už bylo výše zmíněno, dva typy vzorových příčných profilů pro každou ze zájmových lokalit, odlišné vždy pro přímý úsek (brod) a pro oblouk. Tyto vzorové příčné profily včetně parametrů a vztahení k příslušným místům realizace jsou vykresleny v příloze 11 a 12 a v příloze 1 jsou k jednotlivým vzorovým příčným profilům provedeny příslušné hydrotechnické výpočty. Nejsou zde uvedeny říční kilometry, ve kterých by tyto vzorové parametry měly být realizovány, protože jak již bylo výše zmíněno, ve všech přímých úsecích a přechodech mezi oblouky bude realizováno souměrné mísovité koryto a ve všech konkávních obloucích, kde proudnice přirozeně přiráží ke břehu, vzorové koryto pro oblouk s pozvolnějším jeseptním a strmějším nárazovým břehem, podél kterého mohou být ve vrcholech oblouků z důvodu

zajištění větší stability koryta hloubeny (případně vytlačovány, dle vlastností substrátu) tůň. Detail výše popsaného tvarování koryta pro 2 vybrané lokality je uveden na obrázku 7.1 a 7.2.



Obrázek 7.1 Náskres tvarování koryta pro vybraný úsek lokality REV 1 Pozice vybraného úseku v rámci celé trasy koryta je označena v příloze 11 pomocí profilů AA', BB'



Obrázek 7.2 Náskres tvarování koryta pro vybraný úsek lokality REV 2 Pozice vybraného úseku v rámci celé trasy koryta je označena v příloze 12 pomocí profilů CC', DD'

Budu-li vycházet z předpokladu, že vlastníkům pozemků podél toku přirozená boční eroze nevadí, navrhuji vytvořit nové koryto vytvořené podle výše uvedených parametrů (trasa, kapacita, detailní tvarování) pouze vyhloubené v rostlé zemině. Předpokladem je přirozený vývoj koryta v následujících několika letech. Pokud by přesto bylo nutné koryto po několika letech vývoje stabilizovat opevněním, mělo by toto být realizováno pohozením z místního oblého materiálu, a to především v brodech za účelem zamezení hloubkové eroze, ne v nárazových březích oblouků, kde je boční eroze žádoucí pro vývoj koryta. V rámci projektové dokumentace je však nutné provést posouzení vlastností substrátu a vymílacích rychlostí a v případě nutnosti koryto na inkriminovaných místech (v přechodech mezi oblouky) stabilizovat proti eventuálnímu vymílání do hloubky již při realizaci revitalizace.

Vzhledem k tomu, že bude nové koryto vytvářeno částečně stranou původního koryta, je vhodné do něj vodu převést až v okamžiku, kdy budou nové břehy stabilizovány bylinnou vegetací (ve vegetačním období po několika týdnech), což výrazně zvýší stabilitu zemního koryta v počáteční fázi existence.

7.8 NÁVRH OZELENĚNÍ

Příbřežní zóna má v každém revitalizačním schématu vysokou potenciální hodnotu, poskytuje flexibilní nástroj působící jako filtr mezi aktivitami v povodí a vodním útvarem. Vodní útvar odráží toto užívání půdy odlišně: od zhoršení kvality vody až po hodnotná stanoviště zvěře (Wade et al., 2000).

V zájmových lokalitách nalezneme poměrně značné množství stromové i keřové vegetace, problémem se jeví spíše její kvalita a druhová skladba. Záměrem návrhu je tedy ponechat stávající vegetaci v maximální možné míře. V lokalitě REF 1, která se podle návrhu nového koryta stane příbřežní zónou, se nachází určité množství stromů, které můžeme označit za mrtvé dřevo. Vzhledem k přínosu tohoto mrtvého dřeva a poškození stávajícího ekosystému, ke kterému by pravděpodobně došlo jeho odstraňováním, se jeví vhodnější do stávajícího ekosystému vůbec nezasahovat. Je však třeba posoudit na místě kus od kusu, zda není nutné toto mrtvé dřevo stabilizovat (viz kapitola 2.5) nebo odstranit tak, aby při první velké vodě po realizaci nebyla lokalita „vypláchnuta“ a veškeré mrtvé dřevo se nepřesunulo po toku do obcí níže položených. K odstraňování „živých“ dřevin by mělo docházet pouze ve výjimečné situaci, kdy nově navrhovanému korytu tyto dřeviny bezprostředně stojí v cestě, což se týká zejména lokality REV 2, kde se podél současného koryta uchytil velmi hustý nálet olší a probírka v nutných případech není „závažným proviněním proti přírodě“.

Návrh ozelenění si tedy v rámci lokalit REV 1 a REV 2 klade za cíl především vytvoření břehového porostu za účelem stabilizace nového koryta, a to zejména nejvíce namáhaných konkávních břehů oblouků. Cílem je vytvořit porost s vertikální členitostí (tedy ze stromů i keřů) s důrazem na nároky jednotlivých rostlin (zejména na světlo a vlhkost) a využití pouze přirozeně se vyskytujících dřevin domácího původu odpovídajících přírodním podmínkám lokality. Plochy stromové a keřové

vegetace vyjádřené v situacích (příloha 11 a 12) zelenou šrafou zůstanou zachovány (vyjma výše uvedených důvodů vedení nového koryta) a vegetace bude doplněna o břehové výsadby podél nového koryta a skupinové doprovodné výsadby v nivě toku tak, aby došlo k navázání revitalizace na okolní krajinu, zejména napojením na lesy a remízy v nivě toku.

Návrh ozelenění je patrný z Přehledné situace REV 1 a Přehledné situace REV 2 (příloha 11 a 12), kde je vyjádřena i druhová skladba porostů. Výsadba bude realizována v nepravidelných skupinách s použitím sazenic různé velikosti a stáří tak, aby byl splněn požadavek vhodné vertikální členitosti i přiměřených finančních nákladů. Plánovaná výsadba slouží zejména pro stabilizaci koryta, dále se předpokládá značné šíření dřevin, zejména olší lepkavých, náletem. Veškerá opatření budou realizována v rostlém travním drnu či stávajícím korytě. Vzhledem k faktu, že se v zájmových lokalitách nevyskytuje orná půda v blízkosti nově navrhovaného koryta, není nutné v nivě vytvářet zatravněné ochranné pásy a prostor může proto být ponechán pro snazší uchycení náletů. Nově vytvořené zemní koryto bude z důvodu stabilizace břehů oseto v horní polovině svahu po břehovou hranu travní směsí, která zajistí stabilizaci koryta v relativně krátkém čase (lokalizace osetí je patrná ze vzorových příčných profilů v příloze 11 a 12).

Po obou březích navržené úpravy je navrženo doplnění a znovu založení břehových a doprovodných porostů skupinovou výsadbou z odrostků balových sazenic střední velikosti (cca 0,5 – 1,5 m) vyjma vrb, které není nutné sázet jako zapěstované sazenice, jejich výsadba bude realizována hustým skupinovým zápichem vrbových řízků, nejlépe na jaře.

Ochranný břehový porost bude vysazován ve skupinách v konkávním břehu hustších a posunutých až na břehovou hranu, v přímé trati a v konvexe na břehové hraně nebo těsně za ní. Spon výsadby sazenic je kompromisně vzdálenost zhruba na jejich výšku, není vhodné sázet pouze v cílových rozestupech. Stromové výsadby je nutné zajistit kvalitními dřevěnými kůly a ochranným obalem proti okusu. Doprovodný porost bude realizován menšími balovými sazenicemi (cca 0,5 – 1,0 m), ale v podstatně hustších skupinách chráněných před zvěří oplocenkami. Konečná úprava ploch zasažených realizací se provede na podzim, aby byly vytvořeny co nejvhodnější podmínky pro přirozené zimní nálety olší, které doplní navrženou vegetaci.

Druhová skladba – lokalita REV 1:

Ochranné:	OLL	olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>)	49 ks
	VRK	vrba křehká (<i>Salix fragilis</i>)	82 ks
	VRB	vrba bílá (<i>Salix alba</i>)	54 ks
	JSZ	jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	86 ks
	kro	krušina olšová (<i>Frangula alnus</i>)	72 ks
	vrp	vrba popelavá (<i>Salix cinerea</i>)	67 ks
Doprovodné:	DBZ	dub zimní (<i>Quercus petraea</i>)	20 ks
	BŘB	bříza bradavičnatá (<i>Betula verrucosa</i>)	18 ks
	JSZ	jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	13 ks
	OLŠ	olše šedá (<i>Alnus incana</i>)	16 ks
	kro	krušina olšová (<i>Frangula alnus</i>)	15 ks
	bre	brslen evropský (<i>Euonymus europaeus</i>)	13 ks

hlo	hloh obecný (<i>Crataegus oxycantha</i>)	15 ks
-----	--	-------

Celkem bude v lokalitě REV 1 vysázeno **338** ks STROMŮ a **182** ks keřů.

Druhová skladba – lokalita REV 2:

Ochranné:	OLL	olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i>)	53 ks
	VRK	vrba křehká (<i>Salix fragilis</i>)	99 ks
	JSZ	jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	60 ks
	JVM	javor mléč (<i>Acer platanoides</i>)	50 ks
	kro	krušina olšová (<i>Frangula alnus</i>)	64 ks
	vrp	vrba popelavá (<i>Salix cinerea</i>)	73 ks

Doprovodné:	DBZ	dub zimní (<i>Quercus petraea</i>)	21 ks
	JSZ	jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	16 ks
	JVM	javor mléč (<i>Acer platanoides</i>)	16 ks
	OLŠ	olše šedá (<i>Alnus incana</i>)	13 ks
	bre	brslen evropský (<i>Euonymus europaeus</i>)	17 ks
	hlo	hloh obecný (<i>Crataegus oxycantha</i>)	18 ks
	kro	krušina olšová (<i>Frangula alnus</i>)	4 ks

Celkem bude v lokalitě REV 2 vysázeno **328** ks STROMŮ a **176** ks keřů.

Celkem bude vysázeno **666** ks STROMŮ a **358** ks keřů. Výsadba vrb bude realizována hustým zápichem vrbových řízků, prutů, případně kůlů různých tloušťek a délek a předpokládá se přirozený semenný nálet olší lepkavých ze stávajících porostů. Předpokládá se nejméně tříletá následná péče o navrženou vegetaci, včetně záruky výměny uhynulých a poškozených sazenic ze strany dodavatele ozelenění.

7.9 TECHNICKÉ PROVEDENÍ

Lokality navržené k revitalizaci se nacházejí stranou od zástavby (v extravilánu), přesto musí zůstat přístupné zejména kvůli obhospodařování pozemků na obou březích Slubice.

V lokalitě REV 1 v současné době slouží k překonání Slubice 3 objekty: brod, lávka pro pěší a železobetonový mostek, které je třeba funkčně zachovat. Brod z panelů v rámci starého koryta Slubice bude zrušen. V ř. km 1,146 navrhovaného koryta bude v přechodu mezi oblouky vybudován brod nový tak, aby splňoval návaznost na brod přes Barchanecký potok. Brod šířky 5 m bude vytvořen z kamenné rovnaniny tloušťky min. 0,25 m tak, aby jej za standardních podmínek bez poškození překonala zemědělská technika. Stávající železobetonová lávka pro pěší bude nahrazena dřevěnou lávkou šířky 1 m v ř. km 1,557 (viz příloha 11). Železobetonový mostek šířky 7 m navazující na polní cestu v ř. km 2,130 – 2,137 navrhovaného koryta zůstane zachován. Pohled proti vodě s parametry tohoto objektu je zakreslen v příloze 11. Římsa mostku se dnes proti i po vodě nachází ve výšce 107,54 m místního systému, dno proti vodě 105,35 m, dno po vodě ve výšce 105,47 m. Krom většího množství splavenin na dně je pohled po vodě prakticky totožný s pohledem proti vodě. Stav mostku je vyhovující, proto bude pouze dno pod mostkem a cca 5 m před i za konstrukcí vyčištěno od splavenin tak, aby bylo možné opravit stávající opevnění kamennou rovnaninou na výšky dna uvedené v příloze 13. Světlá výška mostku bude nově 1,30 m, světlá šířka 3,00 m zůstane zachována.

V lokalitě REV 2 se v současné době nacházejí 2 trubní propustky DN 800 sloužící jako hospodářské přejezdy. Stavebně technický stav zmiňovaných objektů není havarijní, ale z hlediska migrační propustnosti toku, zachování minimální hladiny vody a snížení rizika ucpávání propustku např. větvemi a splaveninami, by bylo vhodnější nahradit propustek kruhového průřezu rámovou propustí obdélníkového průřezu s větší průtočnou plochou. Mostky jsou na novém korytě situovány v ř. km 0,364 – 0,369 a 1,598 – 1,603. Výškové poměry dna jsou patrné z přílohy 14. V rámci revitalizačních opatření v lokalitě REV 2 by měl být opraven také bezpečnostní přeliv rybníka Končiny II, jehož stav je havarijní (viz foto 19).

V lokalitě REV 1 bude vytvořena tůň, jejíž poloha a velikost je patrná ze situace (příloha 11). Hloubka by měla být cca do 1 m a břehy tůně by měly mít sklon 1 : 4 a menší. Cílem je vytvořit přirozenou sníženinu terénu, která bude zachytávat vody stékající z okolních polí unášející velké množství materiálu, který by se jinak dostal do koryta. Velmi dobrým příkladem pro realizaci je mokřad na protější straně cesty (v příloze 11 označen jako „stávající mokřad“). Problémem ale je, že podstatně více vody stéká právě v místě, kde prozatím tůň není. Dále je třeba vytvořit svodnici (např. 10/10 cm), kterou lze i přes cestu převést přebytečnou vodu z tůně do stávajícího mokřadu přes dostatečně vysoký zemní přepad z tůně za předpokladu, že se co nejvíce plavenin usadí již v navrhované tůni. Ze stávajícího mokřadu bude přebytečná voda odváděna průlehem šířky 0,5 m a hloubky 0,2 m do navrhovaného koryta v ř. km 2,101.

V lokalitě REV 2 je třeba spolu s realizací nového koryta vyřešit i pravostranné přítoky P01 a P02 (viz příloha 12). Jedná se o odvodňovací kanály provedené ve značných sklonech, opevněné žlabovkami ve dně. Energie vody v těchto přítocích při vyšších vodních stavech je tak vysoká, že by mohla poškodit realizovanou revitalizaci. Nejvhodnější variantou by bylo tyto přítoky také zrevitalizovat (odstranit opevnění a vytvořit nová mělká koryta s rozvolněnou trasou), další variantou je vytvořit v korytech přítoků alespoň před zaústěním do Slubice několik tůní, které by tlumily energii vody a zároveň v případě přítoku P01 (viz foto 66) opravit a v případě přítoku P02 vytvořit opevnění kamennou rovnáninou v místě zaústění přítoků do Slubice.



Foto 66 (vlevo) ř. km 5,21: Zaústění přítoku P01 do Slubice, opevnění kamennou rovnáninou spárovanou cementovou maltou

V rámci revitalizační úpravy koryta v lokalitě REV 2 je třeba vyřešit i otázku zaústění drenáží z okolních pozemků. Celkem 7 drenáží v rámci lokality REV 2 dnes ústí do Slubice při dně stávajícího koryta, nové koryto však bude podstatně mělčí. Autorka navrhuje tyto 3 varianty:

- Drenáže se otevrou až po okraj nivy tak, aby voda z nich mohla volně vytékat na povrch a odtud malými stružkami do nového koryta. Tato situace bude uplatněna pro drenáže D2 a D6 (viz příloha 12).
- Drenáže se otevrou po břeh nového koryta a voda z drenážních systémů tak bude ústít přímo do nového koryta, a to ve vyšší nadmořské výšce než dříve. Tato situace bude uplatněna pro drenáže D1, D3, D4 a D5 (viz příloha 12).
- Ve stávajícím korytě budou ponechány nezasypané úseky, které budou tvořit tůň, do nichž budou ústít drenážní hlavníky. Tato situace bude uplatněna pro drenáž D7 (viz příloha 12).

Realizace se však bude odvíjet od skutečného uložení drenáží v terénu, které bude zřejmé až při vlastním provádění.

Materiál získaný hloubením nového koryta se použije k zasypání stávajícího koryta. Vzhledem k tomu, že se obě lokality nachází na území CHKO Žďárské vrchy, bude přesun organismů a časové naplánování realizace konzultováno se Správou CHKO, která bude také dohlížet na nepoškození stávající vegetace v průběhu realizace. Revitalizace bude do krajiny začleněna svým přírodním charakterem a dále hlavně výše popsanou břehovou a doprovodnou vegetací. Důležitým předpokladem je omezení nadměrného uvolňování splavenin z okolních pozemků do toku v době realizace i po jejím skončení. Realizace by měla být prováděna směrem po toku.

Pro zahájení stavby je třeba nejprve zpracovat odpovídající projektovou dokumentaci a získat příslušná povolení, která stanoví konkrétní podmínky pro realizaci stavby včetně majetkoprávního vypořádání dotčených pozemků.

8. SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Zájmové povodí Slubice spadá celou svou plochou do CHKO a značná část povodí zejména podél toku Slubice a Černého potoka (v SV části) je součástí neregionálního biokoridoru ÚSES (viz mapa 4.1), přesto je povodí jako celek značně antropogenně ovlivněno. Ačkoli 51,5 % plochy povodí pokrývá les, což je hodnota výrazně nad průměrem ČR, jedná se téměř vždy o smrkovou monokulturu. Navzdory místním klimatickým podmínkám (průměrná roční teplota kolem 6 °C, průměrný roční úhrn srážek 879 mm) a svažitosti terénu tvoří orná půda 29,2 % plochy povodí, zatímco louky a pastviny jen 16,7 %. V 2. polovině 20. století zde bylo v rámci intenzifikace zemědělství odvodněno 35 % plochy povodí a upraveno (uměle opevněno) 49,8 % z celkové délky 32,8 km monitorovaných toků. Z výzkumu Rozkošného a kol. (2007) vyplývá, že mezi hlavní negativní vlivy na vývoj vodního ekosystému patří splachy způsobené erozí na zemědělské půdě, znečištění vody v souvislosti s vypouštěním OV a intenzivní hospodaření na malých vodních nádržích způsobující nejen zhoršení jakosti vody v tocích, ale také únik nevhodných druhů ryb.

Největším problémem kvality vody na všech sledovaných profilech je znečištění nutriety, zejména dusičnany, které dosáhly ve všech hodnocených profilech nejhorší zaznamenanou hodnotou V. třídy kvality vody (viz tabulka 4.7 a 4.8), v souvislosti s nadměrným využíváním průmyslových hnojiv i hnojiv organického původu a jejich nesprávnou aplikací (mimo vegetační období, na svažitém terénu při značném množství srážek atd.). Méně významným zdrojem znečištění nutrienty jsou komunální OV vypouštěné do vodotečí. Významným problémem kvality vody je organické znečištění reprezentované parametrem CHSK_{Mn} (ve většině profilů ve IV. třídě kvality vody), oproti tomu rozpuštěný kyslík je ve vodě koncentrován dostatečně.

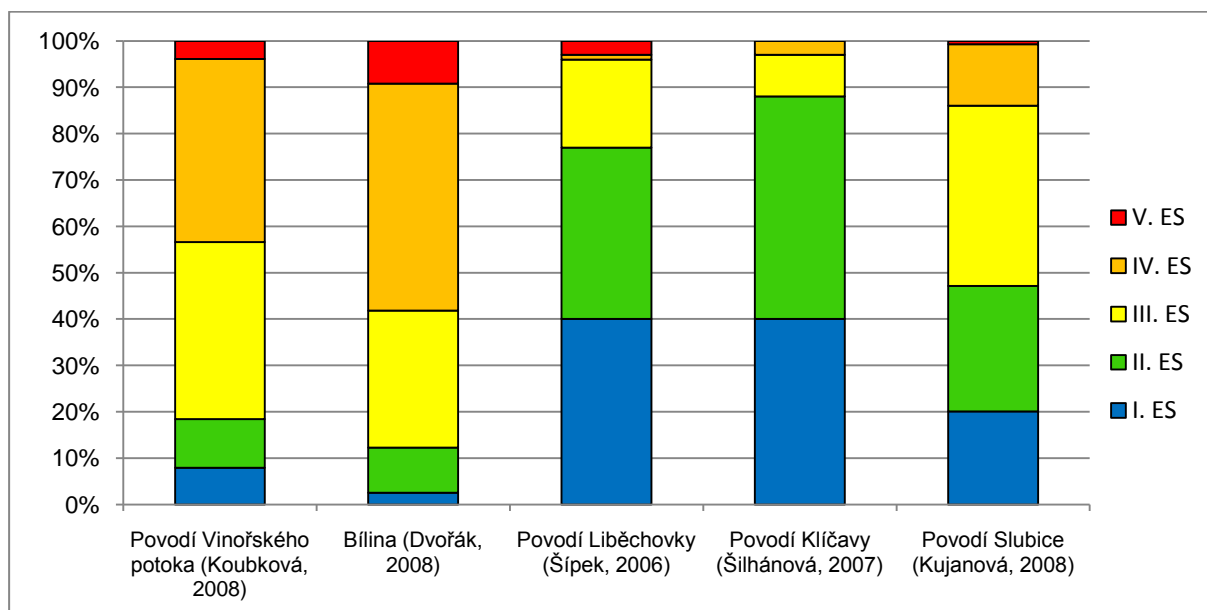
Za účelem stanovení původní trasy toku v souvislosti s hodnocením upravenosti říční sítě a definování referenční trasy jakožto jednoho z podkladů pro návrh nového revitalizačního koryta bylo provedeno zhodnocení změn délky a tvaru říční sítě v zájmovém povodí. K výraznému zkrácení úseku vlivem napřímení koryta došlo na horním toku Slubice (o 31 % oproti původní délce) a na dolním toku Barchaneckého potoka a Slubice (až o 48,8 %), zejména v západní části povodí pak bylo zrušeno několik rybníků. Hlavními důvody v minulosti prováděných úprav bylo odvodnění krajiny za účelem intenzifikace zemědělství a protipovodňová ochrana sídla Chlum, ale také orné půdy v nivě. Náprava negativních dopadů zkrácení říční sítě (vysoké rychlosti a destruktivních účinků vody při celkově nižší objemové kapacitě koryta) je jedním ze stěžejních cílů navrhovaného revitalizačního opatření.

Podle již dříve aplikované metody EcoRivHab lze celkový ekomorfologický stav toků v povodí Slubice označit za středně antropogenně ovlivněný, přičemž III. ES byl zjištěn u 38,9 % z celkové délky hodnocených toků, mírné antropogenní ovlivnění bylo zjištěno u 27,1 % z celkové délky hodnocených toků. Aplikací metody hydroekologického monitoringu – HEM na hlavním toku povodí – Slubici, která je předmětem zájmu revitalizačních opatření, byly zjištěny následující závěry:

Nejhoršího hodnocení dosáhla zóna *koryto a trasa toku*, 54,7 % Slubice bylo vyhodnoceno ve špatném hydromorfologickém stavu (HS), jedná se o úseky napřímené, zahloubené a uměle stabilizované. Oproti tomu v relativně dobrém stavu se nachází zóna *břeh a inundační území*, ve velmi dobrém a dobrém HS se nachází 72,1 % z celkové délky Slubice (inundační území těchto úseků je zalesněno nebo jej tvoří louky, což i přes upravenost břehů díky využití území a vegetaci úseky „udržuje“ v dobrém HS) a zóna *proudění a hydrologický režim* v rámci které se 78,3 % úseků nachází ve velmi dobrém či dobrém HS (graf 5.6). V celkovém HS toku Slubice výrazně převažuje stav průměrný, který reprezentuje 49,5 % délky toku (viz mapa 5.6), nalezneme jej v zemědělsky využívaných oblastech s napřímenými a stabilizovanými koryty toku. V dobrém HS (20,2 %) se nacházejí úseky, v nichž nebyla koryta uměle opevňována, ačkoli jejich trasa byla změněna, a úsek, ve kterém byly již úspěšně nastartovány renaturační procesy. Velmi dobrý HS (25,7 %) reprezentuje úseky s přírodě blízkým habitatem říčního ekosystému, které můžeme označit za referenční úseky toku. Těchto úseků bylo využito jako předlohy pro návrh revitalizačních opatření.

Pro srovnání situace v povodí Slubice uvádí graf 8.1 výsledky mapování níže uvedených autorů metodou EcoRivHab v rozličných povodích ČR. V porovnání s povodím Vnořského potoka v okrajové části intravilánu Prahy a antropogenně modifikovaným tokem Bílina si sice povodí Slubice v celkovém ekomorfologickém stavu stojí lépe, ale ve srovnání s povodími Klíčavy a Liběchovky, jež se také nachází na území CHKO, je na tom povodí Slubice podstatně hůře.

Podle výše uvedeného je hlavním problémem toku Slubice i celého povodí upravenost koryt (napřímení, zahloubení a opevnění) oproti tomu zázemí toku – příbřežní zóna a inundační území – vykazuje funkčnost a relativně dobrý stav. Hlavním cílem revitalizačních opatření je tak vytvořit nové přírodě blízké koryto.



Graf 8.1 Srovnání výsledků mapování pomocí metody EcoRivHab aplikované na povodích v ČR
Zdroj: Koubková (2008), Dvořák (2008), Šípek (2006), Šilhánová (2007), Kujanová (2008)

K realizaci revitalizačních opatření v lokalitě REV 1 se nabízí přirozená vlhká niva dolního toku Slubice před ústím do Chrudimky se zachovalými původními koryty. V lokalitě REV 2 je niva zejména z pravé strany ohraničena svahem a nové koryto toku je zde třeba vést v přirozeně meandrující trase s menšími poloměry oblouků poměrně úzce vymezenou nivou horního toku. Podélný sklon údolnice je v případě lokality REV 1 0,5 %, pro lokalitu REV 2 1,7 %. Nová meandrující trasa koryta byla v obou lokalitách navržena na podkladě parametrů trasy v příslušných referenčních lokalitách. Trasa v lokalitě REV 1 byla v rámci návrhu prodloužena ze současných 1,237 km na délku 2,166 km, přičemž se průměrný sklon dna snížil ze 4,66 ‰ na 2,66 ‰. V lokalitě REV 2 se trasa prodloužila z původních 1,005 km na 1,932 km, přičemž se průměrný sklon snížil z 16,57 ‰ na 8,62 ‰, obecně lze tedy říci, že se délka trasy v obou lokalitách při návrhu nového koryta téměř zdvojnásobila, zatímco sklon dna se snížil na téměř poloviční. Při návrhu nové trasy byl důraz kladen zejména na navázání na stávající trasu na počátku a konci úpravy, vedení nové trasy údolnicí území s využitím dochovaných stop původního přirozeného koryta včetně doprovodné vegetace, prodloužení trasy a snížení sklonu (zejména v lokalitě REV 2), zachování významných objektů k překonání toku, začlenění výstří drenáží do návrhu a posouzení dostupnosti pozemků pro realizaci. Pro jednotlivé lokality REV 1 a REV 2 byl proto vypracován seznam pozemků a jejich vlastníků dotčených navrhovanou trasou koryta. V případě vedení navrhované trasy byla v lokalitě REV 1 uvažována také varianta využití „obecních“ pozemků původního vodního toku. Z důvodů nedostatečné šířky těchto pozemků, nenapojení původních koryt a „nepřirodního“ tvaru koryta zakresleného v katastrální mapě se však autorka přiklání k variantě 1, případně ke kombinaci obou variant. Také při návrhu kapacity koryta byly srovnávány 2 varianty pro každou lokalitu, a to zejména v souvislosti se škodlivým zahloubením koryta a reálným provedením nivelety dna. Nakonec se autorka přiklonila k mělkému a širšímu korytu s parametry $h : B = 1 : 5,2$ (resp. $6,0$) pro lokalitu REV 1 (resp. REV 2). Navrhovaná kapacita koryta se v lokalitě REV 1 velmi blíží Q_{30d} , v lokalitě REV 2 je navrhovaná kapacita koryta v rozmezí Q_{30d} a Q_1 . Zjednodušeně lze pro představu říci, že zatímco v lokalitě REV 1 by se letošní jarní voda z koryta vylila, v lokalitě REV 2 by ještě v korytě zůstala. Pozemky v nivě toku však nejsou intenzivně využívány a občasné zaplavení trvalého travního porostu tak není žádným problémem. V rámci úpravy bylo také navrženo doplnění stávající vegetace o ochranné břehové porosty za účelem stabilizace nového koryta a skupinové doprovodné výsadby v nivě toku tak, aby došlo k navázání revitalizace na okolní krajinu, zejména napojením na lesy a remízy v nivě toku. Současné koryto může být navíc místy ponecháno jako tůň bez přímého spojení s korytem, které pomohou spolu s dalšími tůňmi navrhovanými v lokalitách zejména zachytáváním sedimentů, zadržením vody v krajině (zvýšení hladiny podzemní vody) či poskytnou prostředí pro mokřadní rostliny a na ně navázanou faunu. Detailní tvarování koryta, tvar trasy a sklonové poměry podélného i příčných profilů by měly zajistit dostatečné množství úkrytů i obousměrnou migrační prostupnost toku pro ryby. Otázkou zůstává eliminace množství a nevhodných způsobů aplikace hnojiv, která se splachem dostávají do vodních toků a předčištění komunálních odpadních vod alespoň v biologických septicích, aby kvalita

vody nesnižovala ani v mimovegetačních obdobích celkovou ekologickou kvalitu toku. V lokalitách je třeba zachovat přístupnost obhospodařovaných pozemků po obou březích Slubice v podobě mostků a propustků, přesto se domnívám, že současné extenzivní využívání údolní nivy v obou lokalitách nijak negativně neovlivňuje navrhované revitalizační úpravy. Zásadním požadavkem je však provedení komplexních pozemkových úprav v obou lokalitách.

9. DISKUZE

V zájmovém území byly aplikovány dvě ekomorfologické metody EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2007) a HEM (Langhammer 2007b, 2008), obě tyto metody splňují kritéria Rámcové směrnice o vodní politice (2000) i ČSN EN 14614 Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek (2005). Účelem aplikace ekomorfologických metod bylo nalezení antropogenně ovlivněných úseků vhodných pro návrh revitalizačních opatření a identifikaci úseků s referenčními podmínkami, z nichž je možné se při návrhu revitalizačních opatření poučit a které je třeba chránit. Cílem aplikace ekomorfologického průzkumu bylo nejen celkové hodnocení ekomorfologického (hydromorfologického) stavu a nalezení úseků v nejhorším stavu, kde můžeme revitalizací dosáhnout největšího zlepšení, ale zejména snaha o definování konkrétních problémů, odhalení příčin nerovnováhy habitatu vodního toku v souvislosti s antropogenním tlakem na vodní ekosystémy a využití výsledků v podobě návrhu konkrétních opatření managementu.

I přes značnou podobnost vykazují metody EcoRivHab a HEM určité odlišnosti, zejména proto, že vznikaly za rozdílnými účely, ale také za odlišných podmínek (v jiné době a na základě odlišných podkladů). Zatímco metoda EcoRivHab klade důraz na hodnocení kvality habitatu ve vazbě na revitalizaci, účelem metody HEM je zejména postižení hydromorfologických parametrů ve vazbě na protipovodňovou ochranu.

Základním rozdílem je princip hodnocení. Zatímco metoda HEM hodnotí pouze aktuální stav postižitelný v daném úseku, metoda EcoRivHab neustále srovnává s předem definovaným referenčním stavem. Vyjma rozdílného počtu hodnocených parametrů (19 pro HEM vs. 31 pro EcoRivHab) se výrazně liší i důraz na hodnocení širšího zázemí vodního toku patrný z vymezení a rozsahů mapovaných zón. Metoda HEM klade velký důraz na samotné koryto toku a vymezuje kromě zóny *koryta a trasy toku* ještě 2 samostatné zóny – *dno* a *proudění a hydrologický režim*, zatímco celé zázemí toku – inundační území včetně příbřežní zóny – je hodnoceno komplexně jako jedna zóna, která navíc zahrnuje i parametr upravenosti břehů. Břeh je tedy metodou vnímán jako součást inundačního území, nikoli jako součást koryta toku. V rámci metody EcoRivHab je koryto toku (včetně břehů) hodnoceno jako jedna zóna, metoda však klade důraz na hodnocení širšího zázemí toku – samostatně je vymezena zóna doprovodných vegetačních pásů (příbřežní zóna) a zóna údolní nivy (inundačního území). Zjednodušeně lze tedy říci, že se metoda EcoRivHab snaží i v rámci kanalizovaných koryt vyzdvihnout hodnotu funkčního zázemí toku, případně postihnout jeho nefunkčnost, protože právě toto zázemí může výrazně ovlivnit celkový stav toku a bývá snazší, schůdnější a efektivnější jej změnit k lepšímu (např. změnit intenzivně obhospodařovanou ornou půdu v příbřežní zóně na extenzivně obhospodařovanou louku či pás přirozené galeriové vegetace).

V souvislosti s vhodností aplikace obou zmiňovaných metod a využitím jejich výstupů lze říci, že metoda EcoRivHab poskytuje komplexní a detailní hodnocení ekomorfologického stavu toku

vysoké kvality s důrazem na kvalitu širšího zázemí vodního toku a výsledky monitoringu tak mohou sloužit např. jako podklad pro zpracování revitalizační studie. Zatímco metodu EcoRivHab je vhodné aplikovat na vybrané toky, případně ve vybraných územích (např. CHKO nebo naopak antropogenně silně ovlivněných územích), metoda HEM se jeví jako značně zjednodušené hodnocení vhodnější pro plošný monitoring hydromorfologických charakteristik toků určitého řádu na území celé ČR. I přes drobné odchylky v celkovém hodnocení mají však výstupy obou aplikovaných metod stejnou vypovídající hodnotu. Potvrdila se tedy vhodnost aplikace ekomorfologického monitoringu jako podkladové analýzy pro návrh revitalizace vodních toků.

Snahou revitalizací vodních toků je zejména přiměřenými výdaji peněz a energie dosahovat co nejlepších efektů s minimálními náklady na udržování v dlouhodobém horizontu. Jednou z hlavních zásad revitalizací by mělo být propojení aktivit zlepšování ekologického stavu vodních toků se zajišťováním protipovodňové ochrany a snížení extremity průtoků dlouhodobým zvýšením retenční schopnosti krajiny, zejména využitím říčních niv v extravilánu jako retenčního prostoru. Teoretickými zásadami úspěšné revitalizace je definování referenčních podmínek jako ekologicky optimálních podmínek podporujících vývoj říčního ekosystému při myšlence, že revitalizační opatření jsou pouze inicializačním stavem k dalšímu vývoji. Snahou je tak vytvořit přirozeně zvlněné mělké členité koryto menšího sklonu, členitého podélného profilu, při zvětšení množství vody, které je za běžných průtoků přítomno v korytě a obnovení migrační prostupnosti toku a struktur sloužících jako úkryty a stanoviště vodním živočichům. Důležitou součástí revitalizačních opatření je i doplnění vegetačního doprovodu druhy přirozenými pro danou lokalitu včetně ochrany stávající zeleně.

V praxi je však revitalizace zejména o majetkových poměrech dostatečně širokého potočního pásu a tedy upřednostnění lokalit, ve kterých lze žádaných efektů dosáhnout přiměřenými náklady bez výrazných majetkových a technických komplikací. Velmi vhodné je propojení revitalizace s dalšími efekty, které motivují obyvatele, obce či sdružení (rybáři, myslivci, sportovci) podél toku. Například dostatečné množství vody v toku při zajištění jeho přístupnosti či zadržení vody v tůních znamená dostatek vody pro zvířata, okolní pozemky i lidi (zavlažování, rekreační potenciál apod.). Další kapitolou je rybaření či protipovodňová ochrana. Podstatnou otázkou je pak péče o vzniklý ekosystém, kterou na sebe přebírají ideálně právě obyvatelé, obce či sdružení, kterým revitalizace „něco“ přináší. O tom, že vůle lidí je víc než nařízení směrnic, svědčí z hlediska managementu „optimálně jednoduchý“ příklad revitalizace původního meandru v blízkosti rumunské obce s cca 2000 obyvateli, jejichž cílem bylo zvýšení hladiny podzemní vody okolních pozemků (hlavně fotbalového hřiště) a vytvoření prostoru pro rekreaci a rybaření, a tak z velké části vlastními silami obnovily 800 m původního meandru řeky (za obecní peníze) při nákladech méně než polovičních oproti běžným, navíc se zajištěním péče o nově vzniklý ekosystém ze strany místního rybářského a sportovního sdružení.

Základním předpokladem úspěšné realizace revitalizace tak podle autorky zůstává zejména vůle lidí podél toku, která se individuálně velmi liší a případně bývá umocňována nedostatkem vody či jiným potenciálním efektem revitalizace.

10. ZÁVĚR

Předkládaná diplomová práce si kladla za cíl zhodnocení ekohydrologického stavu vodního toku Slubice jakožto odezvy habitatu vodního toku na antropogenní ovlivnění říční sítě. Hlavními metodami průzkumu fyzického habitatu vodního toku byly analýza využití zájmového území včetně jeho ochrany přírody, pravidelné měření průtoků a vyhodnocování kvality vody na 6 vybraných profilech, vyhodnocení hydromorfologického stavu toku Slubice aplikací metody pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků HEM – Hydroekologický monitoring (Langhammer, 2007b, 2008) a porovnání získaných výsledků s výstupy získanými na základě metody EcoRivHab (Matoušková, 2003, 2007), vyhodnocení změn délky a tvaru říční sítě porovnáním map císařského povinného otisku stabilního katastru Čech s mapami současného katastru nemovitostí.

Na základě všech výše uvedených zjištěných charakteristik a aplikovaných metod, zejména na podkladě výsledků ekomorfologického monitoringu bylo vytipováno 5 úseků potenciálně vhodných k revitalizaci. Na základě definování konkrétních problémů vytipovaných úseků a posouzení potenciálních efektů, kterých by revitalizací mohlo být dosaženo, byly vybrány 2 lokality (REV 1 a REV 2) na toku Slubice. Pro tyto dvě lokality byla na podkladě všech informací zjištěných v předchozích částech práce navržena revitalizační opatření za účelem zlepšení ekologického stavu toku Slubice a dosažení „dobrého ekologického stavu“ ve smyslu požadavků a cílů WFD. Hlavní cíle předkládané revitalizace jsou:

- **prodloužit trasu toku a tím snížit sklon**
- **zpomalit odtok velkých vod**, ale i běžných průtoků (zajistit **retenci vody v krajině** a **snížit výkyvy** v odtoku vody během roku)
- **zvýšit hladinu vody** v toku (zajistit minimální průtok Q_{330} a existenci bioty nejsušších období roku)
- **omezit drenážní účinek koryta**
- **zvýšit samočisticí schopnost toku**
- **vytvořit nové mělké** meandrující koryto jako **inicializační stav** pro další vývoj směrem k relativně stabilnímu říčnímu ekosystému

Autorka se domnívá, že revitalizace v těchto vybraných lokalitách je zvláště vhodná zejména proto, že zde lze poměrně objektivně definovat referenční stav pro obě lokality, nabízí se možnost využít zbytky původních koryt a zamokřené louky podél toku (v lokalitě REV 1), což předesílá, že by revitalizace mohla být úspěšná. Efekt revitalizace zvyšuje především stávající nevyhovující stav a také napojení navrhované revitalizace na přírodní úseky Slubice (resp. Chrudimky), což umožní rozšíření cenné bioty (např. mníka jednovousého).

Při zpracování předkládané práce dospěla autorka k následujícím poučením pro budoucí revitalizační návrhy:

- **Potvrdila se vhodnost aplikace ekomorfologického monitoringu vodních toků** (metodami EcoRivHab a HEM) **jako podkladové analýzy pro návrh revitalizace vodních toků**. Ačkoli metody EcoRivHab a HEM vznikaly za rozdílnými účely (hodnocení kvality habitatu ve vazbě na revitalizace – EcoRivHab vs. postižení hydromorfologických parametrů ve vazbě na protipovodňovou ochranu – HEM) a volba jejich aplikace tedy závisí na otázce, za jakým účelem monitoring provádíme, mají výstupy obou metod stejnou vypovídající hodnotu.
- Při stanovování referenčního stavu, geometrickém řešení trasy navrhovaného koryta, řešení vlastnických vztahů zájmových lokalit i pro účely ekomorfologického hodnocení se pro malé vodní toky osvědčilo **srovnání současné katastrální mapy s „přehlednými“ (kolorovanými), „kvalitními“ (podrobnými) a dnes již běžně digitálně dostupnými císařskými otisky stabilního katastru**.
- Při návrhu revitalizace je nezbytné posoudit danou lokalitu z hlediska **ochrany přírody** a vykytu cenných biotopů (např. na základě výsledků mapování biotopů NATURA 2000), aby s cílem zlepšit ekologický stav lokality nedošlo naopak k poškození cennějších biotopů.
- **Monitoring kvality vody** je vhodný podklad pro definování socioekonomických problémů povodí (resp. vodního toku).
- V případě, že v rámci revitalizace není v plánu navrhovat např. rybí přechody, považují za **nadbytečný ichtyologický průzkum**.
- Oproti tomu nezbytné pro objektivní posouzení ekomorfologického stavu je **zhodnocení úprav koryt toků**, zejména umělého opevnění a jeho současného stavu.
- Pro návrh vzorového příčného profilu a kapacity koryta je nezbytné **posouzení odtokových poměrů** na základě dat systematického monitoringu vodních stavů (v případě předkládané práce byla data z měsíčních měření hydrometrickou vrtulí nedostatečná).
- Pro přesnější a rychlejší zpracování polohopisného a výškopisného podkladu návrhu revitalizace je vhodné **zaměření totální stanicí**.
- Návrhy revitalizací by velmi usnadnilo **definování regionálních referenčních podmínek** pro jednotlivé typy vodních toků, odděleně pro horní, střední a dolní tok pomocí vhodného rozmezí hodnot vybraných charakteristik, které jsou při návrhu revitalizace vždy posuzovány.

Domnívám se, že revitalizační úpravy dvou navrhovaných úseků pomohou výrazně zlepšit ekologický stav toku jako celku a extenzivně využívané nebo nevyužívané louky propojí v prostor, který vždy patřil a i dnes přes snahy člověka patří vodě tak, jak by to v CHKO, která se pyšní polohou pramenné oblasti na hlavní evropské rozvodnici a za významný fenomén svého území považuje vodu, mělo být.

11. LITERATURA A ZDROJE

- AGRO-AQUA, s. r. o. (1997): Revitalizace Černého potoka. Projekt, AGRO-AQUA, Pardubice.
- ATELIER CIFA (1996): Revitalizace říčního systému dílčích povodí potoků Chobotovského, Dlouhého, Barchaneckého a Vítance. Studie, ATELIER CIFA, Chomutov.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s., 3 příl.
- BALESTRINI, R., CAZZOLA, M., BUFFAGNI, A. (2004): Characterising hydromorphological features of selected Italian rivers: a komparative application of environmental indices. *Hydrobiologia* 516, p. 365 – 379.
- BOSTELMANN, R., BRAUKMANN, U., BRIEM, E., FLEISCHHACKER, T., HUMBORG, G., NADOLNY, I., SCHEURLIN, K., WEIBEL, U. (2000): Rehabilitation of Degraded River Habitat: An Introduction. In: WADE, P. M., LARGE, A. G. R., DE WAAL, L. C. (ed.): Rehabilitation of Rivers. Principles and Implementation. John Wiley & Sons, Chichester, UK, p. 32 – 55.
- BROOKS, S. S., PALMER, M. A., CARDINALE, B. J., SWAN, C. M., RIBBLETT, S. (2002): Assessing Stream Ecosystem Rehabilitation: Limitations of Community Structure Data. *Restoration Ecology*, Vol. 10, No. 1, p. 156 – 168.
- CEN (2005): ČSN EN 14614.
- CIFA - Ing. Jaroslav Zuna, CSc. (1997): Revitalizace Slubice. Projekt, CIFA - Ing. Jaroslav Zuna, CSc., Praha.
- CULEK, M. (1996): Biogeografické členění České republiky. Engima, Praha, 347 s.
- ČEKAL, R., HLADNÝ, J. (2009): Regionalizace a sezonalita zatížení povodňovým rizikem. Přednáška Povodně v krajině, PřF UK v Praze, ZS 2009/2010.
- ČHMÚ. Denní úhrny srážek ze stanic Hamry, Krucemburk, Vysočina za období 1998-2007.
- ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. Říjen 1998.
- DAVIS, M. A., SLOBODKIN, L. B. (2004): The Science and Values of Restoration Ecology. *Restoration Ecology*, Vol. 12, No. 1, p. 1 - 3.
- DVOŘÁK, M. (2008): Hodnocení kvality habitatu antropogenně ovlivněných vodních toků. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 141 s.
- Environment Agency (2003): River Habitat Survey in Britain and Ireland: Field Survey Guidance Manual. River Habitat Survey Manual: 2003 version, Environment Agency, 136 pp. [online, cit. 2009-4-12]. Dostupné z: <http://www.irpi.to.cnr.it/documenti/RHS%20manual%202003.PDF>
- FRAJER, V. (1980): Nebezpečí potenciálního znečištění životního prostředí chovem skotu a prasat. Rigorózní práce, PřF UK v Praze, Praha, 140 s.
- HANNAH, D. M., SADLER, J. P., WOOD, P. J. (2004): Ecohydrology and hydroecology: A new paradigm? *Hydrological Processes*, Vol. 18, p. 3439 – 3445.
- HANNAH, D. M., SADLER, J. P., WOOD, P. J. (2007): Hydroecology and ecohydrology: a potential route forward? *Hydrological Processes*, Vol. 21, p. 3385 – 3390.
- HARNISCHMACHER, S. (2007): Threshold in small rivers? Hypotheses developed from fluvial morphological research in western Germany. *Geomorphology* 92, p. 119 – 133.

Hydrologické služby HMÚ (1970): Hydrologické poměry ČSSR. III. díl. Hydrometeorologický ústav, Turnov, 305 s., 9 map.

CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M. (ed.) (2001): Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 307 s.

JANSEN, K., TREPEL, M., MERRITT, D., ROSENTHAL, G. (2006): Restoration ecology of river valleys. *Basic and Applied Ecology* 7, p. 383 – 387.

JANSKÝ, B., KOCUM, J. (2007): Retenční potenciál v pramenných oblastech toků. In: LANGHAMMER, J. (ed.): Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, s. 307 - 315.

JANSSON, R., BACKX, H., BOULTON, A. J., DIXON, M., DUDGEON, D., HUGHES, F. M. R., NAKAMURA, K., STANLEY, E. H., TOCKNER, K. (2005): Stating mechanisms and refining criteria for ecologically successful river restoration: a comment on Palmer et al. (2005). *Journal of Applied Ecology* 42, p. 218-222.

JUST, T. (2009): Protipovodňová a revitalizační opatření v Dirlewangu a v Memmelsdorfu v Bavorsku. *Vodní hospodářství*, Vol. 59, No. 4, p. 133 - 135.

JUST, T. a kol. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Český svaz ochránců přírody, Praha, 359 s.

JUST T., VALENTOVÁ, M. (2006): Mrtvé dřevo přináší život do řek a potoků. Přeloženo z německého originálu autorů von Siemens M., Hanfland S., Bavorský zemský úřad pro životní prostředí a AOPK ČR, 47 p.

KASAHARA, T., HILL, A. R. (2008): Modeling the effect of lowland stream restoration projects on stream-subsurface water exchange. *Ecological engineering* 32, p. 310 – 319.

KLIMENT, Z., MATOUŠKOVÁ, M., ŠOBR, M., POTUČKOVÁ, M., HUJSLOVÁ, J. (2008): Hydromorfologický monitoring zrevitalizovaného koryta Sviňovického potoka. In: MATOUŠKOVÁ, M. (ed.): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze a GAČR, Praha, p. 209.

KOUBKOVÁ, L. (2008): Hodnocení ekomorfologického stavu říční sítě v urbanizované a příměstské krajině: modelová studie Vinořského potoka. Bakalářská práce, PřF UK v Praze, Praha, 68 s.

KOŽENÝ, P., SIMON, O., VAJNER, P., ŽERNÍČKOVÁ, O. (2006): Stabilita přírodě blízkého zpevnění meandrů Moravy v NPR Vrapač. In: MĚKOTOVÁ, J., ŠTĚRBA, O. (ed): Říční krajina 4. Sborník příspěvků z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, s. 118-129.

KREJČÍ, L., MÁČKA, Z. (2009): Environmentální význam mrtvého dřeva v říčních ekosystémech. In: Poštolka, V. et al. (Eds.): Geodny Liberec 2008 - sborník příspěvků, TUL Liberec, s. 42 - 49

KUJANOVÁ, K. (2008): Ekomorfologický monitoring a zhodnocení antropogenní upravenosti říční sítě v povodí Slubice. Bakalářská práce, PřF UK v Praze, Praha, 91 s.

LANGHAMMER, J. (2007a): Úpravy toků a údolní nivy jako faktor ovlivňující průběh povodní. In: LANGHAMMER, J. (ed.): Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, s. 271-294.

LANGHAMMER, J., VAJSKEBR, V. (2007): Využití GIS pro analýzu a zkrácení říční sítě na základě historických mapových podkladů. In: LANGHAMMER, J. (ed.): Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, s. 153-168.

LANGHAMMER, J. (2007b): HEM. Hydroekologický monitoring. Metodika a manuál pro mapovatele. PřF UK, Praha 2008, 47 s. [online, cit. 2009-4-1]. Dostupné z: www.ochranavod.cz

LANGHAMMER, J. (2008): HEM. Hydroekologický monitoring. PřF UK, Praha 2008, 23 s. [online, cit. 2009-4-1]. Dostupné z: www.ochranavod.cz

LANGHAMMER, J., HARTVICH, F., MATTAS, D., ZBOŘIL, A. (2009): Vymezení typů vodních toků. PřF UK v Praze, Praha, 29 s.

LELUT, J. (2007): Vodohospodářské revitalizace na podkladě ekomorfologického monitoringu vodních toků. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 134 s.

LEUVEN, R. S. E. W., NIENHUIS, P. H. (2001): River restoration and flood protection: controversy or sinergism? *Hydrobiologia* 444, p. 85 – 99.

MÁČKA, Z. (2009): Fluviální geomorfologie. Studijní materiály k předmětu. Dostupné z: <http://is.muni.cz/predmety/predmet.pl?lang=cs;kod=Z8308;fakulta=1431;období>.

MÁČKA, Z., KREJČÍ, L. (2006): Plavená dřevní hmota (splávi) v korytech vodních toků – případová studie z CHKO Litovelské Pomoraví. In: MĚKOTOVÁ, J., ŠTĚRBA, O. (ed): Říční krajina 4. Sborník příspěvků z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, s. 172-182.

MALIK, I. (2006): Contribution to understanding the historical evolution of meandering rivers using dendrochronological methods: example of Mała Panew River in southern Poland. *Earth Surface Processes and Landforms* 31, p. 1227 – 1245.

MATOUŠKOVÁ, M. (2007): Revitalizace vodních ekosystémů a jejich význam v protipovodňové ochraně. In: LANGHAMMER, J. (ed.): Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, p. 343-354.

MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Ekohydrologický monitoring jako podklad pro revitalizaci vodních toků, modelová studie povodí Rakovnického potoka. Disertační práce, PřF UK v Praze, Praha, 218 s.

MATOUŠKOVÁ, M. (2007): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu Rámcové směrnice ochrany vod EU. Závěrečná výzkumná zpráva projektu GAČR č. 205/02/P102, PřF UK v Praze a GAČR, Praha, 18 s.

MATOUŠKOVÁ, M. (2008): Metoda ekomorfologického hodnocení kvality habitatu vodních toků EcoRivHab. In: MATOUŠKOVÁ, M. (ed.): Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice. PřF UK v Praze a GAČR, Praha, p. 209.

NEČAS, V. (2007): Revitalizace Barcháneckého potoka pod rybníkem Januš. Projektová studie, Projektování vodohospodářských staveb, Žďár nad Sázavou.

NEČAS, V. (2008): Rekonstrukce a odbahnění rybníka Januš. Projekt, Projektování vodohospodářských staveb, Žďár nad Sázavou.

NETOPIL, R. (1970): Základy hydrologie povrchových a podpovrchových vod. Universita J. E. Purkyně v Brně. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 223 s.

PALMER, M. A. et al. (2005): Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology* 42, p. 208-217.

PEDROLI, B., DE BLUST, G., VAN LOOY, K., VAN ROOIJ, S. (2002): Setting targets in strategies for river restoration. *Landscape Ecology* 17, Supplement 1, p. 5 – 18.

PROCHÁZKOVÁ, E., PICEK, J., ROZKOŠNÝ, M., DZURÁKOVÁ, M. (2007): Mapování krajiny a biotopů v povodí vybraných revitalizovaných vodních toků (interaktivní aplikace). Specializované mapy s odborným obsahem. VÚV T.G.M., v.v.i.

- QUITT, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. Československá akademie věd, Brno.
- ROZKOŠNÝ, M. (2006): Komplexní hodnocení revitalizačních zásahů na vybraných vodních tocích. In: MĚKOTOVÁ, J., ŠTĚRBA, O. (ed): Říční krajina 4. Sborník příspěvků z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, s. 240-246.
- ROZKOŠNÝ, M. (2007): Výsledky průzkumu vlivu revitalizace na ekologický stav vybraných malých vodních toků. In: MĚKOTOVÁ, J., ŠTĚRBA, O. (ed): Říční krajina 5. Sborník příspěvků z konference. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, s. 254-263.
- ROZKOŠNÝ, M. a kol. (2007): Výzkum vodních ekosystémů v rámci povodí. Závěrečná souhrnná zpráva projektu VaV/SL/8/59/04. Výzkumná zpráva. MŽP ČR, Brno. 334 s.
- ROZKOŠNÝ, M. (2008): Vliv revitalizací na ekologický stav malých vodních toků. VTEI in Vodní hospodářství, roč. 50, č. 5, s. 1-2.
- Society for Ecological Restoration (SER) Science & Policy Working Group (2004): The SER International Primer on Ecological Restoration. Version 2. Dostupné z: www.ser.org.
- SCHABUSS, M., SCHIEMER, F., HABERSACK, H., LIEDERMANN, M. (2006): A comprehensive koncept for an eco-hydrological assessment of large scale restoration programmes of floodplain rivers. In: Proceedings 36th International Conference of IAD. Austrian Committee Danube Research/IAD, Vienna. p. 41 – 46.
- ŠÍLHÁNOVÁ, V. (2009): Ekomorfologický průzkum vodních toků v chráněných oblastech: aplikace na povodí Klíčavy. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 111 s.
- ŠÍPEK, V. (2006): Ekomorfologické hodnocení kvality habitatu vodních toků v povodí Liběchovky. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 113 s.
- ŠÍPEK, V., MATOUŠKOVÁ, M., DVOŘÁK, M. (2009): Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods. Environmental Monitoring and Assessment, [online, cit. 2009-02-17].
- TISCHEW, S., BAASCH, A., CONRAD, M. K., KIRMER, A. (2008): Evaluating Restoration Success od Frequently Implemented Compensation Measures: Results and Demands for Control Procedures. Restoration Ecology, [online, cit. 2009-02-17].
- TREML, V. (2007): Možnosti dendrochronologie při určení změn reliéfu vyvolaných povodněmi, případová studie Babí potok In LANGHAMMER, J. (ed.): Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, s. 187 – 196.
- VAUGHAN, I. P., DIAMOND, M., GURNELL, A. M., HALL, K. A., JENKINS, A., MILNER, N. J., NAYLOR, L. A., SEAR, D.A., WOODWARD, G., ORMEROD, S.J. (2009): Integrating ecology with hydromorphology: a priority for river science and management. Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems 19, p. 113 – 125.
- VERDONSCHOT, P., F., M. (2000): Integrated ecological assessment methods as a basis for sustainable catchment management. Hydrobiologia 422/423, p. 389 – 412.
- VONDRA, F. (2006): Ekomorfologický monitoring v povodí horní Blanice. Diplomová práce, PřF UK v Praze, Praha, 102 s.
- VRÁNA, K., a kol. (2004): Revitalizace malých vodních toků-součást péče o krajinu. Consult Praha, Praha, 60 s.

WADE, P. M., LARGE, A. G. R., DE WAAL, L. C. (2000): Rehabilitation of Degraded River Habitat: An Introduction. In: WADE, P. M., LARGE, A. G. R., DE WAAL, L. C. (ed.): Rehabilitation of Rivers. Principles and Implementation. John Wiley & Sons, Chichester, p. 1 – 10.

WEIß, A., MATOUŠKOVÁ, M., MATSCHULLAT, J. (2007): Hydromorphological assessment within the EU-Water Framework Directive – trans-boundary cooperation and application to different water basins. Hydrobiologia, 603, č. 1, s. 53-72.

WINTERHALDER, K., CLEWELL, A. F., ARONSON, J. (2004): Value and Science in Ecological Restoration – A response to Davis and Slobodkin. Restoration Ecology, Vol. 12, No. 1, p. 4 – 7.

Internetové zdroje:

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací kraje Vysočina. [online, cit. 2009-03-01]. Dostupné z: <http://prvk.kr-vysocina.cz/prvk>.

Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Pardubického kraje. [online, cit. 2009-03-01]. Dostupné z: <http://195.113.178.19/html/prvkuk/index.html> Povodí Labe, s.p. : Jakost povrchové vody ve vloženém profilu Stan (Chrudimka) za období 2006-2007. [online, cit. 2009-04-22] Dostupné z: www.voda.gov.cz

Povodí Labe, s.p. : Jakost povrchové vody ve vloženém profilu Stan (Chrudimka) za období 2007-2008. [online, cit. 2009-07-26] Dostupné z: www.voda.gov.cz.

Směrnice 2000/60/ES. Úřední věstník č. L 327. Evropský parlament a rada, Brusel 2000, 98 s. [online, cit. 2009-4-11]. Dostupné z: [http://www.ochranavod.cz/06/01/RS_60_2000.pdf]

The Society for Ecological Restoration (SER) International. Dostupné z: www.ser.org

<http://www.dotace.nature.cz/bezlesi-opatreni/setrne-hospodareni-na-zemedelske-pude.html>

<http://woodinrivers.eu>

www.ochranaprirody.cz

www.cuzk.cz

Mapové podklady:

ARC ČR verze 2.0 – digitální geografická databáze 1: 500 000.

AOPK. Výsledky mapování biotopů NATURA 2000.

ČÚZK. Císařský povinný otisk stabilního katastru Čech 1 : 2 880.

ČÚZK. Katastr nemovitostí České republiky.

ČÚZK, 2005. Základní mapa ČR 1:10 000. Listy 13-44-18, 13-44-19, 13-44-23, 13-44-24, 23-22-03, 23-22-04.

DIBAVOD. Oddělení geografických informačních systémů a kartografie VÚV T.G.M.,v.v.i.. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/>

GEODIS Brno. Letecké snímky (2005 – 2009).

Mapová sbírka geografické sekce PŘF UK. Mapy 3. vojenského mapování.

Mapová sbírka geografické sekce PŘF UK. Mapy generálního štábu Československé lidové armády.

12. SEZNAM GRAFICKÝCH PRVKŮ V TEXTU

SEZNAM MAP:

Mapa 2.1 Mapování krajiny revitalizované lokality - plošné krajinné prvky
Mapa 2.2 Mapování krajiny revitalizované lokality – ekologická stabilita
Mapa 4.1 Přehledná mapa povodí Slubice
Mapa 4.2 Výsledky mapování biotopů NATURA 2000
Mapa 4.3 Land Cover v povodí Slubice (2009)
Mapa 4.4 Potenciální znečištění obyvatelstvem a živočišnou výrobou v povodí Slubice
Mapa 5.1 Vymezení a označení jednotlivých úseků
Mapa 5.2 Hydromorfologický stav zóny koryto a trasa toku Slubice
Mapa 5.3 Hydromorfologický stav zóny dno toku Slubice
Mapa 5.4 Hydromorfologický stav zóny břeh a inundační území toku Slubice
Mapa 5.5 Hydromorfologický stav zóny proudění a hydrologický režim toku Slubice
Mapa 5.6 Výsledný hydromorfologický stav toku Slubice
Mapa 5.7 Srovnání výsledků mapování pomocí metod HEM a EcoRivHab
Mapa 6.1 Detail zkrácení říční sítě na dolních tocích Slubice a Barchaneckého potoka v období od 3. vojenského mapování
Mapa 6.2 Vymezení úseků pro vyhodnocení změn říční sítě
Mapa 7.1 Celkový ekomorfologický stav toků v povodí Slubice na základě metody EcoRivHab se zvýrazněním 5 úseků potenciálně vhodných k revitalizaci
Mapa 7.2 Lokalita REV 1, REF 1 a REF 3 (dolní tok Slubice)
Mapa 7.3 Lokalita REV 2 a REF 2 (horní tok Slubice)
Mapa 7.4 Varianty trasy versus vlastnictví pozemků (REV 1 a REV 2)

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 2.1 Přehled základních charakteristik vybraných metodik
Tabulka 2.2 Přehled matematicky vyjádřených vztahů mezi parametry koryta
Tabulka 2.3 Přehled indikátorů pro komplexní zhodnocení dopadu revitalizací
Tabulka 2.4 Souhrnné výsledky jakosti vod - Slubice
Tabulka 2.5 Souhrnné výsledky jakosti vod – Černý potok
Tabulka 2.6 Vyhodnocení podle skupin ukazatelů
Tabulka 2.7 Výsledek ichtyologického výzkumu – Slubice
Tabulka 2.8 Výsledek ichtyologického výzkumu – Černý potok
Tabulka 3.1 Přehled hodnocených parametrů metodik EcoRivHab a HEM
Tabulka 4.1 Vybrané toky v povodí Slubice
Tabulka 4.2 M - denní průtoky [m^3/s] (1931-1960)
Tabulka 4.3 N - leté vody (1931-1960)
Tabulka 4.4 Základní informace o vodním hospodářství sídel v povodí Slubice
Tabulka 4.5 Populační ekvivalenty znečištění
Tabulka 4.6 Potenciální znečištění živočišnou výrobou v povodí Slubice
Tabulka 4.7 Souhrnné výsledky jakosti vod na vybraných profilech (1. – 3.) v povodí Slubice
Tabulka 4.8 Souhrnné výsledky jakosti vod na vybraných profilech (4. – 6.) v povodí Slubice
Tabulka 6.1 Porovnání délek vybraných úseků toků v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě
Tabulka 7.1 Přehled základních navrhovaných charakteristik

SEZNAM GRAFŮ:

Graf 4.1 Roční chod srážek na základě průměrných měsíčních úhrnů srážek za období 1998-2007
Graf 4.2 Závislost mezi koncentrací dusičnanů a odpovídajícími naměřenými průtoky na sledovaných profilech

Graf 4.3 Závislost mezi koncentrací amonných iontů a odpovídajícími naměřenými průtoky na sledovaných profilech
 Graf 4.4 Závislost mezi $CHSK_{Mn}$ a odpovídajícími naměřenými průtoky na sledovaných profilech
 Graf 5.1 Zastoupení stupňů hydromorfologického stavu v zóně koryto a trasa toku Slubice
 Graf 5.2 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v zóně dno toku Slubice
 Graf 5.3 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v zóně břeh a inundační území toku Slubice
 Graf 5.4 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v zóně proudění a hydrologický režim toku Slubice
 Graf 5.5 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu toku Slubice
 Graf 5.6 Zastoupení jednotlivých stupňů hydromorfologického stavu v jednotlivých zónách a výsledném hydromorfologickém stavu toku Slubice
 Graf 5.7 Srovnání výsledků mapování pomocí metod HEM a EcoRivHab
 Graf 6.1 Porovnání délek vybraných úseků toků v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě
 Graf 7.1 Průtoky naměřené hydrometrickou vrtulí (hydrologický rok 2009)
 Graf 7.2 Průtoky naměřené hydrometrickou vrtulí (hydrologický rok 2010)
 Graf 7.3 Porovnání parametrů navrhovaného koryta a referenčního profilu 21
 Graf 8.1 Srovnání výsledků mapování pomocí metody EcoRivHab aplikované na povodích v ČR

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 2.1 Tvary příčných průřezů přírodních koryt potoků a říček.
 Obrázek 6.1 Trasa vybraných úseků toků v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě
 Obrázek 6.2 Změna trasy úseku Barchaneckého potoka od hráze rybníka Januš po ústí Slubice do Chrudimky v mapě stabilního katastru a současné katastrální mapě
 Obrázek 7.1 Náskres tvarování koryta pro vybraný úsek lokality REV 1 Pozice vybraného úseku v rámci celé trasy koryta je označena v příloze 11 pomocí profilů AA', BB'
 Obrázek 7.2 Náskres tvarování koryta pro vybraný úsek lokality REV 2 Pozice vybraného úseku v rámci celé trasy koryta je označena v příloze 12 pomocí profilů CC', DD'

SEZNAM FOTOGRAFIÍ:

Foto 1 Profil 1. Slubice (Chlum) se nachází na horním toku Slubice nad sídlem Chlum (ř. km 4,65)
 Foto 2 Profil 2. Černý potok (ř. km 0,44)
 Foto 3 Profil 3. Slubice (před soutokem s Černým potokem) na středním toku Slubice pod rybníkem Mlynářka a sídlem Chlum (ř. km 2,95)
 Foto 4 Profil 4. Slubice ústí (ř. km 0,33)
 Foto 5 Profil 5. Barchanecký potok před soutokem se Slubicí (ř. km 0,06)
 Foto 6 Profil 6. Chrudimka (ř. km 78,42)
 Foto 7 Profil 2. Černý potok pro účely měření průtoků (ř. km 0,42)
 Foto 8 Zachovalá úprava v patách břehů kulatinou a kamenným pohozením, extrémní zahloubení koryta (SLU020, ř. km 5,56 – špatný HS)
 Foto 9 Nízký stupeň v revitalizovaném napřímeném úseku (SLU009, ř. km 3,18 – špatný HS)
 Foto 10 Vyvinuté struktury dna v referenčním úseku SLU007, ř. km 2,25 – velmi dobrý HS
 Foto 11 Zbytky záhozu na dně a kulatiny v patách břehů revitalizovaného úseku (SLU009, ř. km 3,15 – špatný HS)
 Foto 12 Úsek SLU007 (ř. km 2,20) s vyvinutou nivou s galeriovou vegetací ve březích
 Foto 13 Úsek SLU021 (ř. km 5,89) příbřežní zónu i údolní nivu tvoří přirozený les – velmi dobrý HS
 Foto 14 Pramenná oblast Slubice, příbřežní zónu i údolní nivu tvoří velmi vlhký olšový les (SLU024, ř. km 6,05, velmi dobrý HS)
 Foto 15 Napřímené koryto, kulatina v patách břehů stabilizována ocelovými roxory, zbytky kamenného pohození (SLU005, ř. km 1,30, průměrný HS)
 Foto 16 Slubice před zaústěním do Chrudimky, v patách břehů vegetační tvárnice a zbytky síťoviny (SLU001, ř. km 0,20, dobrý HS)
 Foto 17 Násep železnice ohraničující nivu na dolním toku Slubice

Foto 18 Odběry vody a vypouštění odpadních vod v obci Chlum za letních velmi nízkých stavů (SLU015, ř. km 4,73)

Foto 19 Poškozená (chybějící) hráz rybníka Končiny II (ř. km 5,92)

Foto 20 Roxory a kulatina – zbytky původní úpravy Slubice (SLU005, ř. km 1,30, průměrný stav)

Foto 21 Zahloubené napřímené koryto na horním toku opevněné kulatinou v patách břehů a záhozem z kamene (SLU020, ř. km 5,56, průměrný HS)

Foto 22 Napřímené koryto Slubice na dolním toku – umělé opevnění se již rozpadlo, zbývá pouze síťovina na březích, chybí doprovodná stromová vegetace (SLU004, ř. km 0,74, průměrný HS)

Foto 23 „Typický“ propustek na horním toku Slubice – zanesený a poškozený (ř. km 5,46)

Foto 24 Renaturace v úseku SLU015 (ř. km 4,81) – rozpad umělého opevnění, usazování sedimentů a jejich zarůstání, boční eroze (dobrý HS)

Foto 25 Horní tok Barchaneckého potoka, ř. km 4,20 - (1)

Foto 26 Dolní tok Barchaneckého potoka, ř. km 1,30 - (2)

Foto 27 Horní tok Slubice, ř. km 5,60 - (3)

Foto 28 Střední tok Slubice, ř. km 3,2 - (4)

Foto 29 Dolní tok Slubice, ř. km 0,31 - (5)

Foto 30 ř. km 0,20, Foto 31 ř. km 0,89: Vodní tok nebo koleje v Austrálii?

Foto 32, Foto 33 ř. km 0,74: V horní části úseku (po soutok s Barchaneckým potokem) je koryto výrazně naddimenzováno

Foto 34 ř. km 0,20, Foto 35 ř. km 0,42: Na dolním toku Slubice (pod soutokem s Barchaneckým potokem)

Foto 36, Foto 37, Foto 38, Foto 39 V trase původního koryta voda setrvává celoročně nebo alespoň v době jarních velkých vod

Foto 40 ř. km 5,63, Foto 41 ř. km 5,57: Koryto je opět v patách břehů opevněno zbytky kulatiny fixované ocelovými trny či dřevěnými kůly

Foto 42, Foto 43, Foto 44, Foto 45 ř. km 4,90 – 5,10: Ve spodní části úseku výška pravého břehu nezřídka převyšuje 2 m

Foto 46 ř. km 4,67, Foto 47 ř. km 5,71: O tom, že je koryto Slubice v úseku REV 1 výrazně naddimenzované svědčí největší povodňová událost

Foto 48, Foto 49 V rámci revitalizačních úprav je ale nutné vyřešit také problém přítoků odvodňovací soustavy P01 a P02

Foto 50 ř. km 2,25: Vzrostlé stromy ve březích, koryto tvaru plochého „pekáče“

Foto 51 ř. km 2,35: Akumulační lavice a husté porosty vrb (lokalita REF 3)

Foto 52 Původní koryto na úrovni ř. km 0,26: Část největšího zachovalého meandru v lokalitě REF 1 se vzrostlými „zdravými“ stromy

Foto 53 Ústí původního koryta Slubice do Chrudimky

Foto 54 Původní koryto na úrovni ř. km 0,13: Zachovalý meandr (viz PF 4, příloha 2)

Foto 55 ř. km 0,27: Rovný úsek souběžně s dnešním korytem (napravo) se značným množstvím mrtvých stromů

Foto 56 Původní koryto na úrovni ř. km 0,20: Cca půl roku jsou koryta v lokalitě REF 1 vyplněna vodou

Foto 57 V letních a podzimních měsících lze pozorovat tvary vyschlých koryt

Foto 58 ř. km 5,89, Foto 59 ř. km 5,83: Meandrování Slubice na horním toku, meandry odlišných parametrů a tvarů střídají úseky ze zákruty i přímé

Foto 60 ř. km 5,77: Břehy zpevněné kořeny vzrostlých stromů

Foto 61 ř. km 5,93: Niva Slubice je zprava výrazně ohraničená svahem, který pokračuje i v lokalitě navrhované (REV 2)

Foto 62 ř. km 5,65, Foto 63 ř. km 5,85: Koryto je mělké a členité – převažuje přírodní tvar plochého, širokého „pekáče“

Foto 64 Současné koryto Slubice bezprostředně pod profilem 33 (ř. km 4,81) s úspěšně probíhajícími renaturačními procesy

Foto 65 Současné koryto dále po toku (pod profilem 34, ř. km 4,67) je taktéž již bez opevnění, avšak stále přímé a stejně jako v rámci fotografie 64 značně zahloubené

Foto 66 ř. km 5,21: Zaústění přítoku P01 do Slubice, opevnění kamennou rovinou spárovanou cementovou maltou

13. PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH:

A) ve vazbě

Příloha 1 Hydrotechnické výpočty

Příloha 2 Příčné profily

Příloha 3 Graf vývoje plošného odvodnění v povodí Slubice

Příloha 4 Mapa upravenosti vodních toků a plošné odvodnění v povodí Slubice

Příloha 5 Průtoky naměřené hydrometrickou vrtulí

Příloha 6 Teploty naměřené za období 11/2008 až 5/2010

Příloha 7 Rozpuštěný kyslík naměřený za období 11/2008 až 5/2010

Příloha 8 Vymezení mapovaných úseků toků pro účely metody HEM

Příloha 9: Soupis dotčených pozemků v lokalitě REV 1

Příloha 10: Soupis dotčených pozemků v lokalitě REV 2

B) volně vložené

Příloha 11: Přehledná situace REV 1

Příloha 12: Přehledná situace REV 2

Příloha 13: Podélný profil REV 1

Příloha 14: Podélný profil REV 2